



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA  
INGENIERIA INDUSTRIAL**

**TITULO**

Estudio de prefactibilidad para la instalación de un horno solar para secado de madera en el Programa Institucional de Madera (PIMA) para el periodo 2018-2022

**AUTORES**

Br. Jhoseline Javiera Álvarez Marín

Br. Josman Augusto Moreno Castellón

**TUTOR**

Msc. Denis Roger Chavarría González

**Managua, 11 de Diciembre de 2017**



## Contenido

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. ANTECEDENTES .....	3
III. JUSTIFICACIÓN.....	5
IV. OBJETIVOS.....	7
IV.I Objetivo General: .....	7
IV.II Objetivos Específicos:.....	7
V. MARCO TEÓRICO .....	8
V.I Elementos conceptuales .....	8
V.I.I Proyecto .....	8
V.I.II Estudio de Mercado.....	8
V.I.III Estudio Técnico .....	9
V.I.IV Estudio Organizacional .....	9
V.I.V Estudio Legal .....	9
V.I.VI Estudio Económico.....	10
V.I.VII Evaluación Financiera .....	10
V.I.VIII Hornos Solares.....	11
V.I.IX Contenido de humedad de la madera .....	11
V.I.X Secado de madera .....	12
VI. Alcance .....	13
CAPITULO I.....	14
ESTUDIO DE MERCADO .....	14
1. Descripción de los clientes .....	15
2. Descripción del proceso de venta.....	15
3. Perspectiva de venta .....	18
4. Análisis de las 4P .....	19
CAPITULO II.....	20
ESTUDIO TÉCNICO .....	20
1. Descripción del proceso de secado a la intemperie.....	21
1.1 Recepción .....	21

1.2	Clasificación .....	21
1.3	Apilado .....	21
1.4	Secado .....	22
2.	Descripción del proceso de secado en el horno solar .....	24
2.1	Pre secado .....	26
2.2	Selección de la madera.....	26
2.3	Apilado y cargado del horno.....	27
2.4	Separadores.....	27
2.5	Muestras para el control de secado .....	29
2.6	Calentamiento e Inicio de la operación del horno .....	32
2.7	Tratamiento de Igualación y Acondicionamiento.....	33
2.8	Pruebas finales de control de humedad y tenciones de la madera ....	34
2.9	Fin del proceso y descarga del horno .....	35
3.	Tamaño del proyecto .....	36
4.	Macro localización del proyecto .....	37
5.	Micro localización .....	38
5.1	Ubicación .....	38
5.2	Condiciones Geográficas y Topográficas.....	38
6.	Materia Prima .....	41
6.1	Descripción de los tipos de madera .....	42
6.2	Tiempos de Secado .....	51
7.	Maquinaria y Equipo .....	53
8.	Edificios e instalaciones.....	58
8.1	Distribución de planta actual .....	59
8.2	Distribución de planta con la instalación del horno. ....	59
9.	Obras necesarias.....	60
10.	Estudio Organizacional.....	61
10.1	Organización Funcional .....	61
10.2	Actividad de la empresa.....	61
10.3	Misión .....	61
10.4	Visión .....	61
10.5	Estructura organizacional .....	62
10.6	Funciones del área .....	62

10.7	Organigrama PIMA (Por Departamento).....	63
7.1	Descripción del perfil de los puestos de trabajo .....	64
7.1	Cuantificación de salarios .....	65
7.2	Salarios anuales.....	67
CAPITULO III.....		68
ESTUDIO LEGAL .....		68
CAPITULO IV .....		71
ESTUDIO ECONOMICO .....		71
1.	Método de Secado actual – Secado a la intemperie .....	72
1.1	Costos Operativos.....	72
1.2	Gastos Administrativos .....	77
2.	Método de Secado – Horno Solar .....	78
2.1	Inversión .....	78
2.2	Costos Operativos.....	79
8.	Costos asociados a subcontratar el Secado de madera en Horno Solar..	87
9.	Ahorro.....	88
9.1	Tiempos de Secado .....	88
9.2	Servicio de Secado .....	92
9.3	Ahorro anual (Secado a la intemperie vs Horno solar y Servicio de secado) .....	93
10.	Flujo de Efectivo .....	94
10.1	Secado a la Intemperie .....	94
10.2	Secado en Horno Solar.....	94
CAPITULO V .....		97
EVALUACIÓN FINANCIERA.....		97
1.	Determinación de la Tasa Mínima de Rendimiento (TMAR).....	98
1.1	Método de Secado Propuesto (Horno Solar) .....	99
1.1.1	Valor Presente Neto (VPN).....	99
1.1.2	Tasa Interna de Retorno .....	99
1.1.3	Plazo de Recuperación de la Inversión.....	100
2.	Análisis de Sensibilidad .....	101
VII. CONCLUSIONES .....		103
VIII. RECOMENDACIONES .....		104

X. BIBLIOGRAFÍA .....	105
XII. Glosario.....	108
Pared Celular .....	108
XI. ANEXOS .....	111
<i>Anexo 1: Secado a la intemperie .....</i>	<i>112</i>
<i>Anexo 2: Apilado en el secado actual .....</i>	<i>112</i>
<i>Anexo 3: Terreno en donde se construirá el horno solar.....</i>	<i>113</i>
<i>Anexo 4: Terreno en donde se construirá el horno solar.....</i>	<i>113</i>
<i>Anexo 5: Prototipo del horno solar .....</i>	<i>114</i>
<i>Anexo 6: Vista lateral del prototipo del horno solar .....</i>	<i>114</i>
<i>Anexo 7: Vista lateral del prototipo del horno solar .....</i>	<i>115</i>
<i>Anexo 8: Vista trasera del prototipo del horno solar.....</i>	<i>115</i>
<i>Anexo 9: Vista superior del Prototipo del horno solar .....</i>	<i>116</i>
<i>Anexo 10: Tabla de Humedad Relativa Ambiente y Contenido de Humedad de Equilibrio de la Madera para Diferentes Temperaturas del Bulbo Seco y Depresiones del Bulbo Húmedo.....</i>	<i>117</i>
<i>Anexo 11: Mapa de radiación solar en Nicaragua elaborado por el MEM con datos de la estación solar Padre Julio.....</i>	<i>118</i>
<i>Anexo 12: Proyección del porcentaje de crecimiento de salario .....</i>	<i>120</i>
<i>Anexo 13: Tabla de Pagos para Mano de obra.....</i>	<i>121</i>
<i>Anexo 14: Fragmento de Ley No. 89 .....</i>	<i>122</i>
<i>Anexo 15: Impuestos Exentos del Área .....</i>	<i>123</i>
<i>Anexo 16: cotización de carretilla para pallet.....</i>	<i>124</i>
<i>Anexo 17: Diagrama del proceso de secado con el horno solar .....</i>	<i>125</i>
<i>Anexo 18: Denominación del estado de la Madera.....</i>	<i>128</i>
<i>Anexo 19: Clases de madera según contenido de humedad verde .....</i>	<i>128</i>
<i>Anexo 20: Escenarios evaluados para análisis de sensibilidad .....</i>	<i>128</i>

## Lista de Tablas

<i>Tabla 1 Perspectiva de Venta.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 2 4P .....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 3 Descripción Almendro.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 4 Descripción Cedro Macho .....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 5 Descripción Guanacaste.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 6 Descripción Pino Caribbean .....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 7 Descripción Pino Radiata .....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 8 Descripción Níspero .....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 9 Descripción Teka.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 10 Descripción Nancitón.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 11 Tiempos de secado (Fuente PIMA) .....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 12 Costo de Maquinaria y equipo .....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 13 Descripción de Maquinaria y equipo.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 14 Costo del Horno.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 15 Descripción del puesto - Técnico de secado .....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 16 Perfil del puesto - Técnico de secado.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 17 Evaluación por puntos .....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 18 Amplitud de puntos.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 19 Salarios netos anual .....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 20 Cantidad de materia prima .....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 21 Costo de pie tablar por especie .....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 22 Cantidad de materia prima .....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 23 Porcentaje de prestaciones legales.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 24 Salario neto y bruto mensual .....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 25 Costo de mano de obra anual – secado a la intemperie .....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 26 Días laborados por año .....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 27 Costo de MOD al día por año.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 28 Cuadro resumen - Costos MOD .....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 29 Costo de Papelería.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 30 Inversión Fija .....</i>	<i>78</i>

<i>Tabla 31 Capital de trabajo .....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 32 Inversión Total .....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 33 Cantidad de materia prima .....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 34 Costo pie tablar por especie .....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 35 Costo de materia prima .....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 36 Prestaciones Legales .....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 37 Salario neto y bruto mensual .....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 38 Costo de mano de obra anual – secado al horno .....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 39 Días laborados por año .....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 40 Costo de MOD al día por año .....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 41 Cuadro resumen - Costos MOD por año .....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 42 Costos de Mantenimiento Anual .....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 43 Gastos de Papelería .....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 44 Costos asociados a subcontratar el Secado de madera .....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 45 Cantidad de Especies de madera (en pie tablar) a evaluar .....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 46 Ahorro en periodo de evaluación .....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 47 Costos de Secado a la Intemperie .....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 48 Costos de Secado al Horno .....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 49 Ahorro - Servicio de Secado .....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 50 Costo anual – 3 tipos de secado .....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 51 Ahorro anual en secado .....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 52 Ahorro .....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 53 TMAR .....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 54 VPN .....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 55 TIR .....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 56 FNE acumulado .....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 57 Plazo de recuperación .....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 58 IR .....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 59 Tabla resumen de valores del VPN .....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 60 Tabla resumen de valores del TIR .....</i>	<i>102</i>



## Lista de Ilustraciones

<i>Procedimiento para venta de mueble .....</i>	<i>17</i>
<i>Proceso Actual .....</i>	<i>23</i>
<i>Partes del horno solar .....</i>	<i>25</i>
<i>Criterio de Clasificación .....</i>	<i>27</i>
<i>Porcentaje de Aprovechamiento de Capacidad .....</i>	<i>37</i>
<i>Ubicación Geográfica .....</i>	<i>39</i>
<i>Ubicaciones a evaluar .....</i>	<i>40</i>
<i>Factores de selección y puntaje ponderado .....</i>	<i>40</i>
<i>Leyenda.....</i>	<i>42</i>
<i>Tiempo de Secado a la intemperie - Madera Blanda.....</i>	<i>52</i>
<i>Tiempo de secado al horno - Madera Blanda.....</i>	<i>52</i>
<i>Tiempo de secado a la intemperie – Madera Dura.....</i>	<i>52</i>
<i>Tiempo de secado al horno - Madera Dura .....</i>	<i>52</i>
<i>Ficha Técnica - Horno Solar.....</i>	<i>58</i>
<i>Organigrama por departamento .....</i>	<i>63</i>
<i>Días requeridos para secado - Año 2018.....</i>	<i>89</i>
<i>Días requeridos para secado - Año 2019 .....</i>	<i>89</i>
<i>Días requeridos para secado - Año 2020 .....</i>	<i>90</i>
<i>Días requeridos para secado - Año 2021 .....</i>	<i>90</i>
<i>Días requeridos para secado - Año 2022 .....</i>	<i>91</i>
<i>Diagrama FNE Secado a la Intemperie .....</i>	<i>94</i>
<i>Diagrama FNE - Secado al horno.....</i>	<i>94</i>
<i>FNE - Ahorro en Costos Operativos .....</i>	<i>95</i>
<i>FNE - Ahorro en Servicio de Secado.....</i>	<i>95</i>

## I. INTRODUCCIÓN

“Dentro de la industria de la madera nicaragüense se estima que hay aproximadamente 300 talleres de carpintería y mueblería” (Cynthia Salas Garita, Roger Moya Roque, Rafael Cordoba Foglia, 2008). Todas parecen competir por la madera de mejor calidad. Sin embargo, confrontan el desafío de no poder adquirir maderas que hayan pasado por adecuados procesos de secado. El secado que tradicionalmente llevan a cabo las Pymes del sector madera-mueble es al aire libre. “Este tipo de secado baja los contenidos de humedad entre 18 y 24%, dependiendo de la región geográfica donde se realice el proceso” (Romero, 2013), lo cual es una gran desventaja debido a que estos valores no son los óptimos para trabajar productos acabados.

Una alternativa que ha sido probada con éxito en países como Honduras y México, es un horno que utiliza y aprovecha al máximo la energía solar. Por ser un horno solar no se utiliza ningún tipo de combustible durante su operación, evitando emisiones de gases contaminantes.

El Programa Institucional de la Madera (PIMA) se consolida como una instancia pionera en la industria de la formación tecnológica de la madera en Nicaragua y mejoras en el uso y transformación de la madera. Es por esta razón que surge el interés de implementar un proceso de secado que logre un contenido de humedad óptimo en la madera.

El proyecto de instalar un horno solar para el secado de madera pertenece al sector secundario debido a que comprende la transformación industrial de la madera para fabricar mueblería. “Este sector aporta entre un 1.5% y 3.5% al Producto Interno Bruto del país” (Romero, 2013)

El presente estudio tiene como objeto ofrecer al Programa Institucional de la Madera (PIMA), información basada en datos objetivos y fiables para llevar a cabo una toma de decisión estratégica y minimizar el riesgo de instalar un horno solar para el proceso de secado de madera tomando como horizonte de evaluación un período de 5 años (2018-2022).

## II. ANTECEDENTES

Los primeros indicios del proyecto se dieron con la creación de un formato de la idea del proyecto titulado “Horno secador de madera con tecnología económica y amigable con el medio ambiente”, del 23 de agosto del año 2015 desarrollado por el Ing. Jhader Exequiel Zúñiga Guillen en el cual se estudió la clasificación de los diferentes tipos de hornos existentes a nivel nacional; se evaluaron los factores que afectan la pérdida de humedad relacionados con la estructura de la madera (Albura y Duramen, Anillos de Crecimientos, Radios, Grano y Textura, color) (Ver sección IX: Glosario), además se analizaron los factores que afectan la pérdida de humedad relacionados con las variables del proceso. Se determinó la selección de muestras para el control del secado manual para la determinación del contenido de humedad y del peso seco al horno de las muestras y el uso de las muestras testigo durante el secado.

Posteriormente, en el año 2016, los estudiantes: Eddy Bismarck Guevara Hernández, Jerry Josué Iglesias Gutiérrez y Julio Alfredo Villegas Castro realizaron un estudio titulado: “Diseño y la construcción del horno solar para secar madera dirigido a pequeñas y medianas empresas pertenecientes al sector maderero de Nicaragua”. El prototipo fue construido en la Universidad Nacional de Ingeniería y sirvió para analizar las principales variables involucradas en el secado de tres especies de madera.

El estudio establece las siguientes conclusiones:

- El diseño propuesto, es económico en su construcción y de fácil acceso a los materiales para su ejecución, disponibles en el mercado nacional.
- Las paredes del horno son las encargadas de evitar el flujo del calor acumulado durante el día en la cámara de secado hacia el exterior del

horno solar, dado que sus interiores poseen fibra de vidrio como aislante térmico por su baja conductividad térmica.

Si bien es cierto, el estudio presenta que el diseño del horno es económico y por ende las conclusiones son beneficiosas, este no afirma con certeza si la instalación del mismo realmente representa un ahorro para el Programa Institucional de la madera.

El equipo investigador presume que es una idea innovadora por parte del PIMA y que brinda mejoras importantes para el Departamento de Secado como lo es el incremento de la eficiencia en el departamento y la contribución a la calidad del producto terminado.

### III. JUSTIFICACIÓN

Según Guillen, I, J. (2015): La cantidad de madera a secar supera ampliamente la capacidad de secado de la industria. A causa de esta situación, gran parte de la producción debe ser secada por métodos artesanales (generalmente a la intemperie), generándose un doble problema: por un lado, una pérdida de eficiencia por los mayores tiempos que se destina al secado artesanal y, por el otro, una menor calidad de la madera obtenida. (p.5)

“Hace tiempo que la toma de decisiones en el mundo de los negocios representa más un arte que una ciencia” (Larson, 2016). La mayoría de las decisiones se toman bajo el estrés de una gran incertidumbre, debido a que se dispone de un acceso relativamente limitado a la información concreta. Al evaluar la viabilidad técnica y económica de instalar un horno solar para el secado de madera en el Programa Institucional de la Madera (PIMA) se está llevando a cabo una importante tarea en relación a dicha información, que determinará si el proyecto es efectivo y su ejecución funcionará como es esperado.

El éxito o fracaso de un proyecto depende, en gran medida, de su grado de evaluación, que no es otra cosa que la valoración de sus riesgos, gastos, beneficios, recursos y elementos. Evaluar el proyecto no sólo mejorará la capacidad de planificación y organización del mismo, sino también las posibilidades de afrontar los riesgos que puedan surgir a lo largo de su desarrollo, aporta una base sólida sobre la cual construir el proyecto.

La incertidumbre no desaparece a pesar de una respuesta positiva del estudio de pre factibilidad. Sin embargo, cuando se determina que la iniciativa es viable existe una mayor confianza, se puede hablar de una implementación exenta de complejidad y de unas condiciones de riesgo mínimo.

La principal ventaja de hacer un estudio de prefactibilidad para este proyecto es el disfrutar de la oportunidad de atar todos los cabos antes de comprometerse en tiempo, dinero y recursos para una idea que puede no funcionar de la manera que se había planeado originalmente.

## IV. OBJETIVOS

### IV.I Objetivo General:

- Realizar un estudio de prefactibilidad para la instalación de un horno solar para secado de madera en el programa institucional de la madera (PIMA).

### IV.II Objetivos Específicos:

- Elaborar un estudio técnico para determinar los requerimientos en el funcionamiento y operatividad del horno solar.
- Realizar un estudio financiero que determine los costos totales de operación del horno e inversión a presupuestarse para la ejecución de este proyecto.
- Elaborar una evaluación financiera del proyecto para determinar si la inversión propuesta será rentable.
- Analizar la sensibilidad financiera del proyecto tomando en cuenta parámetros como disminución en los precios, incremento en los costos y disminución en la cantidad demandada.



## V. MARCO TEÓRICO

### V.I Elementos conceptuales

#### V.I.I Proyecto

Según (Chain, 2008):

Es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema, la cual tiende a resolver una necesidad humana.

En este sentido puede haber diferentes ideas, inversiones de monto distinto, tecnología y metodologías con diverso enfoque, pero todas ellas destinadas a satisfacer las necesidades del ser humano en todas sus facetas, como pueden ser: educación, alimentación, salud, ambiente, cultura, etcétera.

#### V.I.II Estudio de Mercado

(Chain, 2008) Afirma:

Es la primera parte de la investigación formal del estudio. Consta de la determinación y cuantificación de la demanda y la oferta, el análisis de los precios y el estudio de la comercialización.

El objetivo general de esta investigación es verificar la posibilidad real de penetración del producto en un mercado determinado. El investigador del mercado, al final de un estudio meticuloso y bien realizado, podrá palpar o sentir el riesgo que se corre y la posibilidad de éxito que habrá con la venta de un nuevo artículo o con la existencia de un nuevo competidor en el mercado.

### V.I.III Estudio Técnico

Según (Chain, 2008):

Analiza las posibilidades materiales, físicas o químicas de producir el bien o servicio que desea generarse con el proyecto. Muchos proyectos nuevos requieren ser aprobados técnicamente para garantizar la capacidad de su producción, incluso antes de determinar si son o no convenientes desde el punto de vista de su rentabilidad económica. Un proyecto puede ser viable tanto por tener un mercado asegurado como por ser técnicamente factible.

### V.I.IV Estudio Organizacional

(Chain, 2008) Afirma:

El objetivo de este estudio es, principalmente, definir si existen las condiciones mínimas necesarias para garantizar la viabilidad de la implementación, tanto en lo estructural como en lo funcional. La importancia de este aspecto hace que se revise la presentación de un estudio de viabilidad financiera con un doble objetivo: estimar la rentabilidad de la inversión y verificar si existen incongruencias que permitan apreciar la falta de capacidad de gestión.

### V.I.V Estudio Legal

Según (Rodríguez Cairo):

El objetivo crucial del estudio legal es lograr que un proyecto se adecúe a las normas legales vigentes, así como identificar las características generales del marco legal del mismo. El estudio de los aspectos legales comprende el procedimiento para la constitución y formalización de la empresa; se refiere al estudio de las normas y regulaciones existentes relacionadas con la

naturaleza del negocio y de la actividad económica que desarrolla. En la formulación de proyectos se analizan los aspectos legales necesarios para la formalización de la empresa, los cuales inciden en los rubros operativos y económicos del negocio.

#### **V.I.VI Estudio Económico**

(Urbina, 2010) Afirma que:

Su objetivo es ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporcionan las etapas precedentes a este estudio y elaborar los cuadros analíticos que sirven de base para la evaluación económica. Comienza con la determinación de los costos totales y de la inversión inicial a partir de los estudios de ingeniería, ya que estos costos dependen de la tecnología seleccionada. Continúa con la determinación de la depreciación y amortización de toda la inversión inicial. Los aspectos que sirven como base para la evaluación son la determinación de la tasa de rendimiento mínima aceptable y el cálculo de los flujos netos de efectivo.

#### **V.I.VII Evaluación Financiera**

Según (Urbina, 2010):

Describe los métodos actuales de evaluación que toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, como son la tasa interna de rendimiento y el valor presente neto; se anotan sus limitaciones de aplicación y se comparan con métodos contables de evaluación que no toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, y en ambos se muestra su aplicación práctica. Esta parte es muy importante, pues es la que al final permite decidir la implantación del proyecto.

### V.I.VIII Hornos Solares

(Cynthia Salas Garita, Roger Moya Roque, Rafael Cordoba Foglia, 2008)

Sostienen que:

Los hornos solares son cámaras o compartimientos cerrados de pared aislante y tienen la capacidad de operar con energía totalmente limpia ya que trabaja solamente con la radiación proveniente del sol sobre la superficie de la tierra. Los hornos solares retienen el calor proveniente de la radiación solar dentro de la cámara de secado, que es el espacio comprendido entre sus paredes, techo y la base de concreto o loza de concreto.

### V.I.IX Contenido de humedad de la madera

(Cynthia Salas Garita, Roger Moya Roque, Rafael Cordoba Foglia, 2008)

Afirman:

La madera contiene agua bajo tres formas: agua libre, agua higroscópica y agua de constitución. El agua libre se encuentra llenando las cavidades celulares. El agua higroscópica se halla contenida en las paredes celulares. El agua de constitución se encuentra formando parte importante de la estructura molecular.

En función de la cantidad de agua que contenga la madera pueden presentarse tres estados: verde, seco y anhidro. Se dice que la madera está verde cuando ha perdido parte del agua libre, será madera seca cuando ha perdido la totalidad del agua libre y parte del agua higroscópica, finalmente será madera anhidra cuando ha perdido toda el agua libre y toda el agua higroscópica.

### V.I.X Secado de madera

Según (Cynthia Salas Garita, Roger Moya Roque, Rafael Cordoba Foglia, 2008):

Es el proceso de eliminación del agua en exceso del material recién cortado, que se aplica con el propósito de optimizar su posterior procesamiento y transporte para usos específicos.

## VI. Alcance

El Programa Institucional de la Madera (PIMA) es formado y desarrollado por la Universidad Nacional de Ingeniería, para la investigación innovación y desarrollo tecnológico de la industrialización de la madera.

Una limitante a considerar en este estudio es que el presupuesto del programa no es autónomo ya que para su funcionamiento solo aporta el 40% de sus ingresos mientras el 60% restante es subsidiado por la Universidad<sup>1</sup>. Dicho programa rinde cuentas del presupuesto y todos los ingresos percibidos por el mismo quedan en arcas de la institución.

El Estudio de Prefactibilidad abarcará exclusivamente el proceso de secado de madera ya que es el área que se ve beneficiada con la instalación del horno solar. No se llevará a cabo estudio de mercado puesto que la tecnología a implementar (horno solar), no se venderá como un servicio, sino que será utilizada exclusivamente dentro del proceso de secado de madera del PIMA, es decir será aprovechada en su totalidad por el programa. Esto implica que el mercado es exclusivo, siendo la demanda absorbida de acuerdo a los requerimientos de madera expresados en las órdenes de producción anual del Programa Institucional de la Madera (PIMA).

---

<sup>1</sup> Entrevista a Ing. Raúl González Bernhard

# **CAPITULO I**

## **ESTUDIO DE MERCADO**

## 1. Descripción de los clientes<sup>2</sup>

El programa institucional de la madera cuenta con clientes internos y externos; los llamados clientes internos son los programas académicos de extensión, facultades de los diferentes recintos a los cuales se les ha elaborado mobiliario en madera para la habilitación para las diferentes áreas y por ultimo a los colaboradores de la Universidad Nacional de Ingeniería, a los cuales se les da la facilidad de adquirir muebles a un bajo costo y el pago lo pueden realizar vía deducción en planilla nomina mecanizada, la cual es ejecutada por la dirección de recursos humanos de la universidad.

Los clientes externos son las diferentes PYMES, universidades y colaboradores externos a la universidad que se les vende mobiliarios y se les brinda diferentes servicios tales como: dimensionado, cepillado, lijado, moldurado y aplicación de diferentes tipos de acabados, además de brindar servicios de asesoría técnica y acompañamiento en procesos productivos referentes al sector madera mueble.

## 2. Descripción del proceso de venta<sup>3</sup>

El proceso para formalizar la adquisición y cancelación adquirido por un cliente interno es con la firma de un contrato; donde se establecen las fechas y montos de las deducciones. Antes de la firma del contrato es necesario verificar con la Dirección de Recursos Humanos de la Universidad si el cliente potencial tiene disponibilidad financiera para poder asumir esa deuda. Una vez verificada la disponibilidad financiera del cliente se procede a firmar el contrato y luego el director del Programa Institucional de la Madera envía este documento a

---

<sup>2</sup> Miranda Guevara, D. V. (16 de Mayo de 2016). Manual de Funciones y Procedimientos para el Programa Institucional de la Madera (PIMA). Managua.

<sup>3</sup> Miranda Guevara, D. V. (16 de Mayo de 2016). Manual de Funciones y Procedimientos para el Programa Institucional de la Madera (PIMA). Managua.



Vicerrectoría administrativa para su formalización y envío a la Dirección de Recursos Humanos donde se ejecutará la deducción.

El proceso de formalizar la adquisición y cancelación de los servicios adquiridos por un cliente externo es con la firma de un contrato o convenio en el caso de instituciones gubernamentales y universidades; en dicho documento se establecen los montos y condiciones de pago.

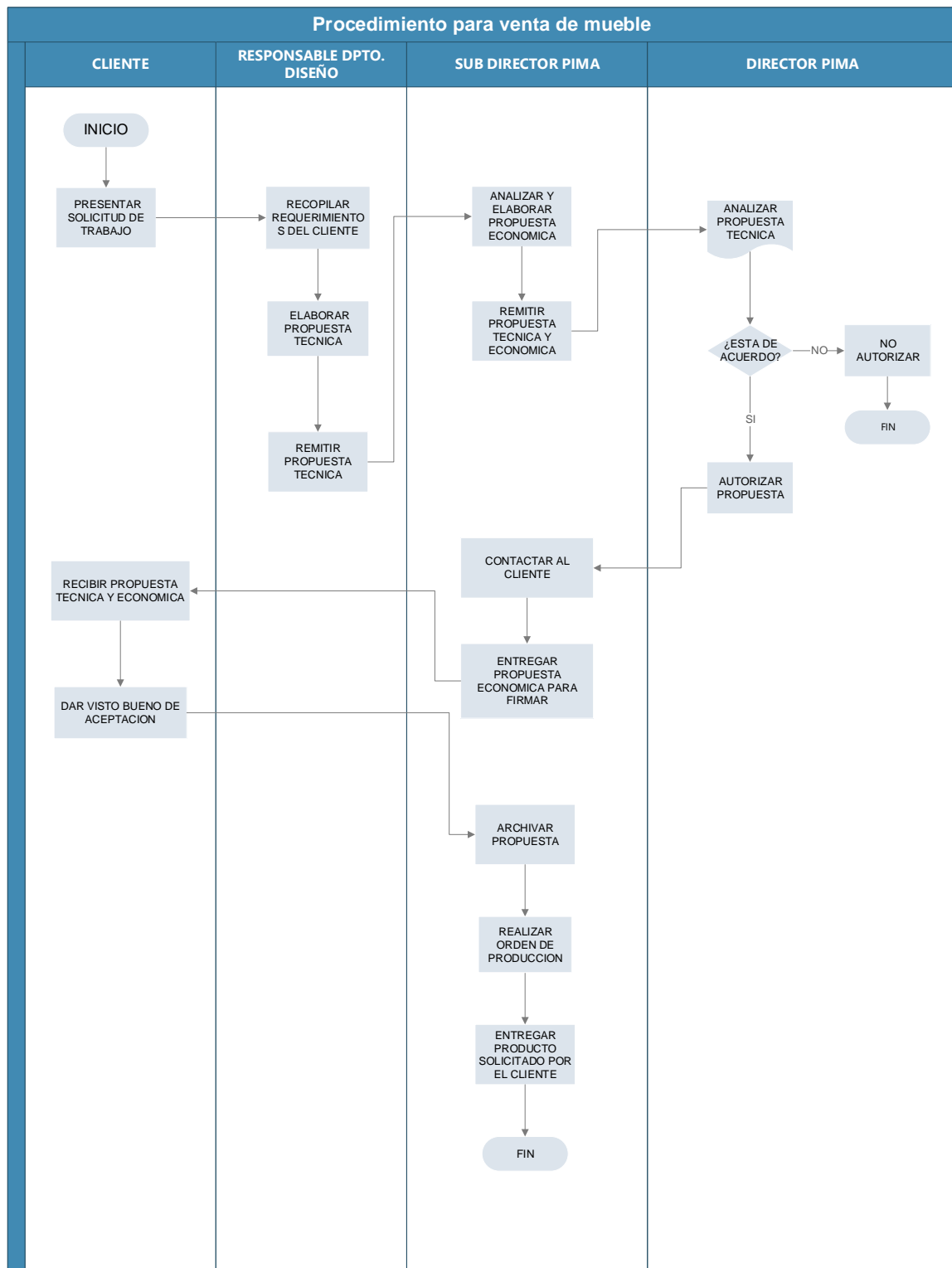


Ilustración 1 Procedimiento para venta de mueble

### 3. Perspectiva de venta

A continuación, se detallan los requerimientos de madera para su procesamiento en el periodo de evaluación (próximos 5 años):

	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Cedro Macho</i>	6,473.49	8,415.54	10,940.21	14,222.27	18,488.95
<i>Almendro</i>	5.19	6.75	8.78	11.41	14.84
<i>Guanacaste</i>	241.18	313.54	407.60	529.88	688.84
<i>Pino Caribbean</i>	210.09	273.12	355.06	461.57	600.04
<i>Pino Radiata</i>	1,744.93	2,268.40	2,948.92	3,833.60	4,983.68
<i>Níspero</i>	83.13	108.07	140.50	182.65	237.44
<i>Teka</i>	1,823.06	2,369.97	3,080.97	4,005.25	5,206.83
<i>Nancitón</i>	5,304.87	6,896.33	8,965.23	11,654.80	15,151.24
<i>Total</i>	15,885.95	20,651.74	26,847.26	34,901.43	45,371.86

*Tabla 1 Perspectiva de Venta*

Cabe señalar que el porcentaje de crecimiento del requerimiento de madera es de 30% para cada año.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Fuente: Ing. Jhader Zuniga – Sub Director PIMA

#### 4. Análisis de las 4P

<i>P</i>	Descripción
<i>Producto</i>	El programa Institucional de la Madera ofrecerá diferentes tipos de muebles según las especificaciones de cada cliente, brindando como valor agregado un secado más óptimo en su materia prima, obteniendo con esto, un nivel de calidad más alto en sus productos.
<i>Promoción</i>	El programa no tiene una cantidad asignada dentro de su presupuesto para promocionar sus productos. Sin embargo, utiliza las relaciones públicas como un medio para dar a conocer dichos productos.
<i>Plaza</i>	Los muebles seguirán siendo producidos en el taller del PIMA, ubicado dentro de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI-RUPAP). Usando un canal de distribución directo para hacer llegar los productos a sus clientes.
<i>Precio</i>	El nuevo valor agregado que tendrán los productos incrementará el precio de estos mismos, sin embargo, este estudio no comprende dicho incremento debido a que únicamente se evaluó el área de secado, es decir el procesamiento de la materia prima, no del producto terminado.

Tabla 2 4P

# **CAPITULO II**

# **ESTUDIO TÉCNICO**

## 1. Descripción del proceso de secado a la intemperie

No existe actualmente un proceso definido para el secado de la madera en el PIMA, así como también ninguna construcción que proteja la madera, influida por la movilidad del aire, la temperatura y humedad del ambiente. Su duración depende del tipo de madera, tamaño y las condiciones climáticas presentes.

### 1.1 Recepción

Antes de secar la madera se garantiza que ésta se encuentre en buen estado (Sin deformaciones ni grietas). De ser así se procede a llenar la ficha de inventario físico con el fin de llevar un control del mismo, de lo contrario se notifica al supervisor para que tome acción al respecto.

### 1.2 Clasificación

Se clasifica la madera según su longitud. Si es corta (66 cm de largo, 11 cm de ancho y 3 cm de alto) se traslada al área del taller bajo techo, en cambio, si es larga se transporta a los alrededores del PIMA que se han designado para este fin.

### 1.3 Apilado

Se apilan las tablas de madera (alineadas vertical y horizontalmente) haciendo uso de separadores entre las mismas que no tienen las mismas dimensiones corriendo el riesgo de que la madera sufra deformaciones en el proceso<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Vignote Peña, S., & Martínez, I. (2006). *Tecnología de la Madera*. Madrid: Mundi-Presa.

## 1.4 Secado

Se deja reposar la madera apilada por un periodo de tiempo estimado (Blandas: 75 días; Duras: 365 días) por el encargado del secado. Este periodo de secado trae consigo consecuencias drásticas para la calidad de dicha madera ya que por lo general presenta deformaciones y se obtienen pérdidas considerables en cuanto al volumen al final del tiempo en reposo.

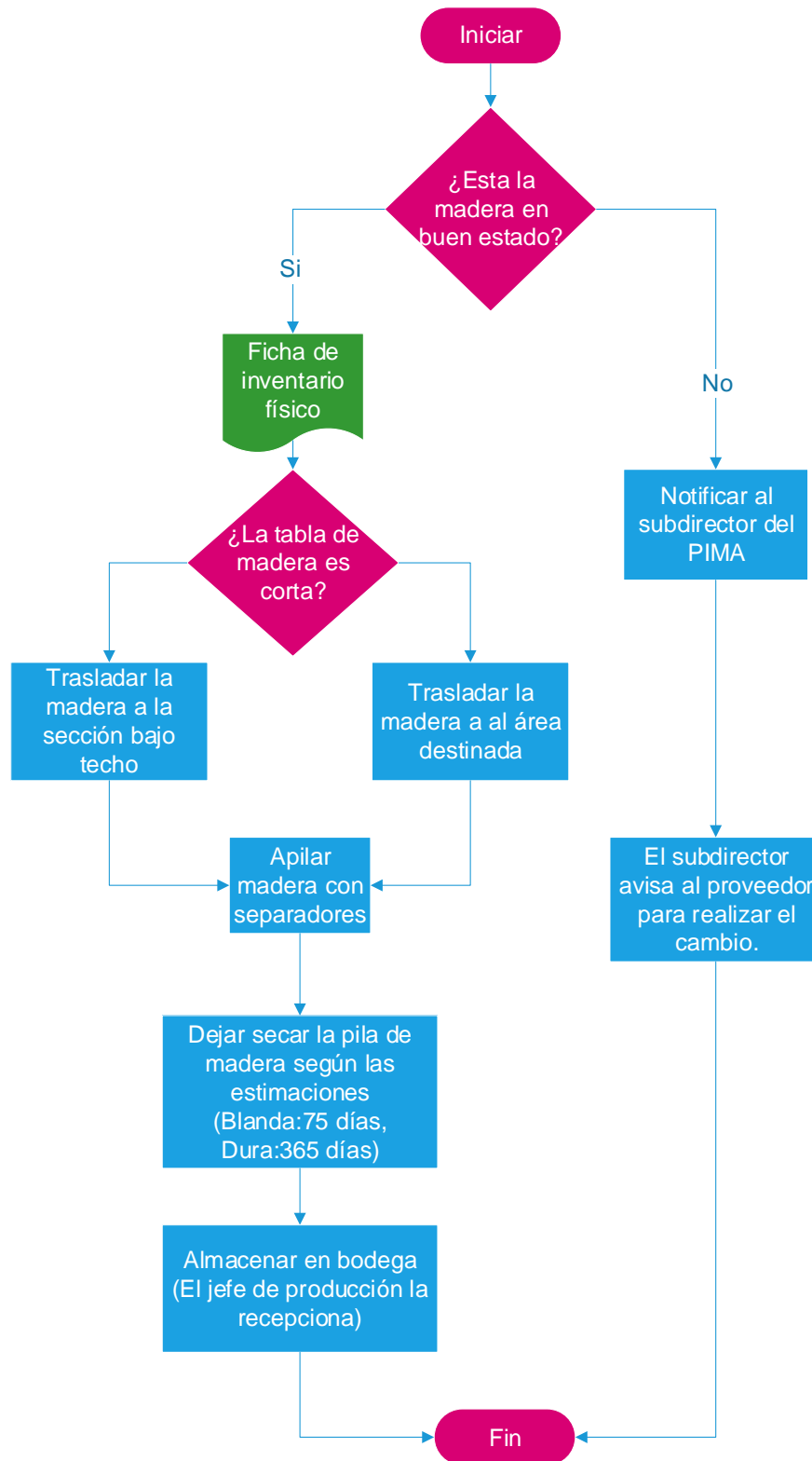


Ilustración 2 Proceso Actual



## 2. Descripción del proceso de secado en el horno solar<sup>6</sup>

El método seleccionado por el Programa Institucional de la Madera (PIMA) es el secado en horno y el tipo de secador a utilizar es el horno solar de temperatura normal o tradicional debido a que Nicaragua es un país en el cual se puede aprovechar la energía solar térmica y la madera predominante es tropical, que en el proceso de secado libera estrés, y hace posible el secarla a bajas temperaturas y así evitar que se deforme o cause rajaduras.

Un horno solar es una cámara o compartimiento cerrado de paredes aislantes, capaz de almacenar la energía térmica que proviene de la incidencia de los rayos solares en un colector de temperatura en su interior (B., 2005).

Está dotado de ventiladores que dan lugar a la circulación forzada del aire dentro de la cámara de secado y ventilas que permiten la renovación de aire al interior del horno, así como la evacuación del aire húmedo hacia el exterior en ciertos periodos de tiempo. A su vez contará con la tecnología de automatización “Circuito Integrado Programable” (PIC). Esto quiere decir que se podrá planificar la manera cómo va a funcionar, adaptándose a nuestras necesidades<sup>7</sup>.

En el caso del horno solar se hizo uso del software “Proteus 8.0” el cual es una aplicación para la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño del esquema electrónico, programación

---

<sup>6</sup> Viscarra, S. (1998). Guía práctica para el secado de madera en hornos. *Proyecto de Manejo Forestal Sostenible - BOLFOR*. Santa Cruz, Bolivia.

<sup>7</sup> Eddy Bismarck Guevara Hernández, J. J. (2016). *Diseño y construcción de un horno solar para secado de madera dirigido a pequeñas y medianas empresas pertenecientes al sector de la madera en Nicaragua*. Managua.

del software, construcción de la placa de circuito impreso, simulación de todo el conjunto, depuración de errores, documentación y construcción<sup>8</sup>.

Cada una de las partes del horno solar lleva a cabo una función en específico y de vital importancia para el correcto funcionamiento del mismo como se puede apreciar en la ilustración N° 3.

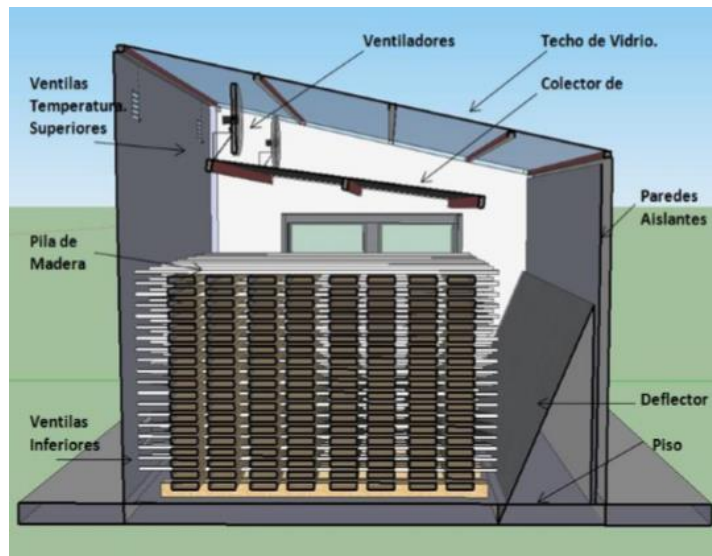


Ilustración 3 Partes del horno solar<sup>9</sup>

El objetivo del secado en horno solar es acelerar el proceso de eliminación de la humedad. El apilado de la madera aserrada es el mismo que para secarla al aire libre, excepto que la pila no necesita estar inclinada. (Ver Diagrama de flujo en Anexos).

<sup>8</sup> Eddy Bismarck Guevara Hernández, J. J. (2016). *Diseño y construcción de un horno solar para secado de madera dirigido a pequeñas y medianas empresas pertenecientes al sector de la madera en Nicaragua*. Managua.

<sup>9</sup> Eddy Bismarck Guevara Hernández, J. J. (2016). *Diseño y construcción de un horno solar para secado de madera dirigido a pequeñas y medianas empresas pertenecientes al sector de la madera en Nicaragua*. Managua.

## 2.1 Pre secado

Antes de secar la madera se garantiza que ésta se encuentre en buen estado (Sin deformación ni grietas). De ser así se procede a llenar la ficha de inventario físico con el fin de llevar un control del mismo, de lo contrario se notifica al Sub director para que tome acción al respecto. A continuación, se clasifica la madera según su longitud. Se apilan las tablas de madera (alineadas vertical y horizontalmente) haciendo uso de separadores de igual dimensión. Finalmente se dejan reposar en el área de Presecado (Junto al horno solar) por un periodo de tiempo estimado por el encargado del secado (En promedio: 1 Semana)

## 2.2 Selección de la madera

La homogenización de la carga de madera facilita el secado en horno. Tal uniformidad se logra seleccionándolo por:

- Especie
- Espesor
- Nivel de humedad (% relativo)
- Tipo de madera (sámago y duramen)
- Cortes radiales y tangenciales ya que de no considerarse este aspecto el secado no será uniforme. (Mismo porcentaje de humedad para la madera apilada).

Criterio de clasificación	Comentarios
Por especie	Maderas de secado rápido o lento, tendencia a sufrir defectos, necesidades de mercado y/o producción.
Por espesor	La velocidad del secado es afectada por el espesor de la madera. Las piezas de menor espesor se secan primero.
Por ancho	Es conveniente organizar las piezas de forma tal que queden espacios homogéneos y verticales “chimeneas” en el interior de la pila.
Por longitud	Asegurar una restricción mecánica y evitar deformaciones y rajaduras por extremos (alineamiento de separadores), el apilado es más fácil con piezas de la misma longitud.
Por CH	La madera aserrada proviene de distintos lotes de producción, lo que implica CH iniciales distintos, por lo que es conveniente separar diferentes espesores y especies.

Ilustración 4 Criterio de Clasificación<sup>10</sup>

Aunque en nuestro medio no se aplican todos los procedimientos de selección citados, es aconsejable su implementación para el mejor desempeño del trabajo.

### 2.3 Apilado y cargado del horno

La construcción de la pila del horno es de importancia primordial. Aun sí todos los demás factores son perfectos (Homogenización de la carga, Uso de separadores) su falla representara, con seguridad, la degradación del material en forma de combaduras, revirado o torceduras, rajaduras en extremos y desigual contenido de humedad en las piezas. La pila debe estar bien alineada vertical y horizontalmente. El tamaño de la carga dependerá de la capacidad del horno ( $12.92m^3$ ). Hay muchas preocupaciones que deben ser rígidamente observadas para asegurar la máxima tasa de secado (14% de contenido de humedad) con el mínimo daño del material.

### 2.4 Separadores

Los separadores son piezas de madera colocadas encima de una columna, que soporta y disminuye, a la vez, la separación entre las tablas de madera de una

<sup>10</sup> Saavedra Paredes, C. (2014). *Guía practica para secado de madera en hornos convencionales*. Arequipa.

pila. Tienen una funcionalidad conjunta en el control de combaduras., para prevenir dobladuras, y de madera seca, para evitar manchas.

Los separadores deben ser de un espesor uniforme, entre 12 mm (1/2") y 25 mm (1"), los más delgados se usan cuando se quiere disminuir la tasa de secado de la madera. Se prefieren anchos entre 25 mm (1") y 37 mm (1 1/2"). Los separadores deben estar exactamente alineados en dirección vertical y espaciados hasta 60 cm (2"), uno del otro en la misma fila.

Estas precauciones son necesarias para evitar el combado y revirado de las piezas (que ocurren si los separadores no están correctamente colocados a lo largo de la carga), o los bloqueos al paso del aire entre las filas de la carga cuando los separadores tienen espesor irregular.

La primera y la última fila de separadores deben estar lo más cerca posible de los extremos de las tablas para evitar el voladizo, que ocasiona el agrietamiento y rajado de los extremos.

#### **2.4.1 Sobresalido de extremos**

Los extremos de las piezas deben quedar alineados porque los que sobresalgan, al no estar soportados, se curvaran bajo su propio peso y se deformaran. Esto afecta a la tabla en particular y al resto de la pila, pudiendo causar distorsión en toda la carga. Por otro lado, con el sobresalido de los extremos, el secado de esas piezas es más rápido con respecto al resto de la pila y puede presentarse un severo agrietamiento de los extremos.

### 2.4.2 Clasificación por largos

El problema antes mencionado se puede evitar clasificando los largos de la madera a secar antes de armar la pila. Las tablas pueden ser usadas para las hileras exteriores de la carga y dos cortas, que juntas sumen el largo de la carga, una tras otra para llenar el resto de las filas. Si una combinación de dos tablas no ajusta la longitud de la carga, se traslapan entre ellas de modo que los extremos de la carga sean cuadrados. Si el largo de esas piezas es tal que sus exteriores no caben dentro del esparcimiento normal de los listones, puede ser útil colocar un pequeño listón del ancho de la pieza para apoyarla.

### 2.4.3 Soportes y Contrapesos de la Pila

Cuando la madera es muy susceptible al alabeo, es decir, que es propensa a deformarse o arquearse, se pueden colocar contrapesos encima de la capa superior de la pila, consistentes en prensas de resortes, piezas de durmientes en desuso o moldes de hormigón que apliquen una presión entre 250 y 1000 kg/m<sup>2</sup>, dependiendo de la especie de madera, el espesor del material y el grado de reducción de la deformación deseada. Estos contrapesos ayudan a estabilizar la carga, especialmente de las hileras superiores de madera, que es donde presentan las torceduras.

## 2.5 Muestras para el control de secado

### 2.5.1 Selección

Por lo general, las muestras se eligen durante la fase del apilado de la madera. La mayoría de los tablones, de los cuales se toman las muestras, deberán representar la madera más húmeda y lenta de secar; algunas muestras deben corresponder a los tablones de madera más seca o de mayor velocidad de pérdida de humedad.

### 2.5.2 Numero de muestras

El número de muestras de secado a tomar es como mínimo cuatro por cada 20  $m^3$  (8,500 pies-tabla), y de 10 a 12 muestras por cada carga de 100  $m^3$  (42,000 pies-tabla) o más, del horno solar.

### 2.5.3 Preparación y pesaje

El método para determinar el contenido de humedad por pesadas de toda la carga es difícil de usar cada vez que se necesita. Por ello, se incluyen muestras de secado en cada pila del horno de modo que el contenido de humedad pueda ser rápidamente encontrado:

- El primer paso en la preparación de las muestras de secado, es cortar y marcar las tablas de las cuales estas proceden y numerar claramente cada probeta. Las muestras de secado se cortarán de tablas representativas de la pila y deben ser al menos de 76 cm de largo
- Inmediatamente después del corte de las muestras se cubren los extremos con un impermeabilizante y se pesan; el peso se debe anotar en la muestra que corresponda. Se emplea para este fin balanzas de hasta 20 kg de capacidad con la mayor precisión posible. La cobertura de los extremos de las muestras tiene por finalidad retardar el secado de los extremos y hacer que la tasa de pérdida de humedad de la muestra sea comparable a la de tablas largas. Se pueden utilizar para este propósito lacas o pinturas al aceite. También pueden servir mezclas de pintura al agua.
- Las probetas para determinación del contenido de humedad deben ser pesadas rápidamente, previa eliminación de las rebarbas y astillas producto del corte, antes del pesaje. No hay necesidad de sellar los extremos. Cuando se cortan dos probetas para determinación de la

humedad correspondiente a los lados de la muestra de secado, se pueden pesar juntas o por separado y se debe marcar el peso en las probetas. Se emplea una balanza de hasta 1 kg de capacidad y de 0,1 g o más precisa.

#### 2.5.4 Localización de la pila

EL número de muestras de secado y su localización dentro del horno varían con el tamaño, tipo y eficiencia de la cámara. Es importante que las muestras no impidan el flujo de aire y que estas se ubiquen de modo que el aire circule en igual forma que el resto de la pila.

En un horno eficiente debería haber poca o ninguna variación en la tasa de secado en dos lugares cualesquiera dentro del mismo; pero, es recomendable que al menos una muestra de secado esté instalada en ambos lados de la carga y una en cada extremo, tan cerca del centro de la carga como sea posible.<sup>11</sup>

En vez de ubicar todas las muestras de secado en los extremos, es conveniente localizar en una o dos hileras al menos dos muestras, en frente y los lados, llenar el espacio entre el lado de la pila y las muestras de secado con piezas de relleno cortadas al mismo largo, de un material de rechazo que esté disponible. De este modo, se puede revisar la tasa de secado cerca del centro de la pila. Las cargas secadas en hornos que tienen una puerta de inspección en el extremo, llevan una o varias muestras colocadas en el extremo y los lados.

---

<sup>11</sup> Viscarra, S. (1998). Guía práctica para el secado de madera en hornos. *Proyecto de Manejo Forestal Sostenible - BOLFOP*. Santa Cruz, Bolivia.



## 2.6 Calentamiento e Inicio de la operación del horno<sup>12</sup>

- El calentamiento del horno se realiza con vapor saturado a una tasa de 5°C por hora para maderas livianas de 2" de espesor y 2°C por hora. Para maderas pesadas del mismo espesor o maderas más gruesas; en caso de madera de 1" de grosor, las tasas son 6°C por hora (maderas livianas) y 3°C por hora (maderas pesadas). La elevación se aplica hasta alcanzar la temperatura del primer paso del programa; para ello se fija un termostato al mismo nivel de temperatura del termómetro de bulbo seco y bulbo húmedo.
- Seguidamente se acciona el paso del vapor a las principales cañerías de distribución que alimentan a los vaporizadores y radiadores.
- Abrir las ventanillas de inspección y accionar ventiladores por 5 a 10 minutos, luego cerrar las ventanillas.
- Operar los instrumentos de control eléctricos.
- Purgar las cañerías de vapor para remover el agua y la suciedad acumulada.
- Las chimeneas o ventilas se mantienen cerradas durante el calentamiento del horno. Estas chimeneas se van abriendo progresivamente hasta su totalidad en las etapas más avanzadas del secado.
- Una hora después de que el termómetro de bulbo seco (TBS) alcanzo la temperatura inicial del programa se fija la temperatura de bulbo húmedo (TBH al valor que corresponda, según el inicio del programa se prosigue con este, controlando las muestras de secado hasta el momento de ejecutar el equilibrado.

<sup>12</sup> Viscarra, S. (1998). Guía práctica para el secado de madera en hornos. *Proyecto de Manejo Forestal Sostenible - BOLFOP*. Santa Cruz, Bolivia.

## 2.7 Tratamiento de Igualación y Acondicionamiento

### 2.7.1 Igualación o Equilibrado

Igualación o equilibrado es un tratamiento que se realiza en la etapa de post secado cuyo objetivo es homogenizar el contenido de humedad (CH) de todas las tablas de madera que componen la carga. (Saavedra Paredes, 2014)

El igualado se realiza de la siguiente manera:

- Se inicia cuando el contenido de humedad de la muestra más seca del horno es un 2% más bajo que el contenido de humedad promedio que se busca al final del secado. (Saavedra Paredes, 2014) Por ejemplo, si la madera debe secar a 10 % de CH, el igualado debe ser iniciado cuando la muestra más seca del horno registra un valor de 8 %.
- Se establece una temperatura y humedad relativa dentro del horno que corresponda al contenido de humedad de muestra más seca. La humedad relativa se mide a través de psicrómetros, compuestos por dos termómetros, uno de ellos de bulbo descubierto que mide directamente la temperatura del aire (Temperatura del Bulbo Seco, TBS) y el otro, lleva en el bulbo una gasa empapada en agua que origina un enfriamiento por evaporación, que da lugar a una lectura menor del termómetro (Temperatura del Bulbo Húmedo, TBH). La diferencia entre las dos lecturas se denomina depresión psicrométrica, que junto con la lectura del termómetro seco determina la humedad relativa con la ayuda de una tabla (Ver tabla en Anexo 10). No existe un promedio establecido de temperatura y humedad relativa ya que ambas dependen del CH que se obtenga de la muestra más seca.

- Se continúa el tratamiento de igualado hasta que la muestra más húmeda alcanza el promedio final buscado de contenido de humedad del material.

### 2.7.2 Acondicionamiento

Es un tratamiento que se realiza dentro de la etapa de post secado, el cual tiene doble objetivo reducir o eliminar las tensiones de secado entre la superficie y el interior de la pieza y homogenizar el CH en el espesor de la pieza. (Saavedra Paredes, 2014)

Logrado el tercer paso del igualado, el tratamiento de acondicionado se aplica de la siguiente forma:

- Mantenga la temperatura del horno como en el paso final del programa a menos que la depresión psicométrica buscada no pueda establecerse a esa temperatura. En ese caso, disminuya la temperatura del bulbo seco al valor que tenía unas 12 horas antes de iniciado el acondicionamiento.
- Establecer una humedad relativa que proporcione un contenido de humedad de equilibrio de la madera de aproximadamente un 4% por encima del promedio final buscado de contenido.
- El tratamiento de acondicionado continúa hasta que las tensiones se hayan liberado.

### 2.8 Pruebas finales de control de humedad y tensiones de la madera

Después de que se ha secado en el horno una determinada carga de madera, se cortan tres secciones de 1 pulgada de cada muestra del secador y 6-9 secciones de otros tablones en una carga completa del horno, para comprobación definitiva.

Las secciones deben ser cortadas en forma de tenedor, a una distancia de por lo menos 15 cm del extremo en caso de las muestras de secado y a 60 cm del extremo de las tablas. Si al momento del corte las pinzas externas del tenedor se curvan hacia dentro es una indicación de que la madera tiene esfuerzos de compresión en la superficie de la pieza y de tracción en el interior, por lo cual el tratamiento de acondicionado debe continuar y en la próxima carga del mismo tipo de material debe prolongarse por más tiempo. Si las pinzas se mantienen rectas o muy curvadas hacia afuera, la madera está prácticamente libre de esfuerzos y el secado se da por concluido y las siguientes cargas deben tener el mismo tiempo de acondicionado.

Finalmente, si las pinzas del tenedor se curvan visiblemente hacia afuera, los esfuerzos se han invertido, la superficie de la pieza está bajo tracción y el interior en compresión, lo que indica un exceso de humedad en el tratamiento de acondicionado y para la próxima carga de un material similar deberá ser acondicionada a una humedad relativa más baja o durante un tiempo más corto.

## 2.9 Fin del proceso y descarga del horno

Después de haber constatado la liberación de esfuerzos en la madera y el fin del periodo de acondicionamiento, se corta el ingreso del vapor a los serpentines de calentamiento y cañerías de vaporización y se apaga el horno dejando las puertas cerradas hasta que la temperatura del bulbo seco al interior registre un valor no mayor a los 10°C que la temperatura ambiente exterior. En ese momento se pueden abrir las puertas del horno y descargar la madera.

### 3. Tamaño del proyecto

No se puede determinar una demanda esperada anual de cada especie de madera ya que esta tiene un comportamiento irregular a lo largo del año, al ser una demanda totalmente dependiente, es decir, hay meses en las que son utilizadas y hay otros en donde el consumo es nulo, por lo tanto, tratar de promediar un consumo mensual sería sesgar la información con la cual se está trabajando.

La experiencia en países vecinos como Honduras indica que no es conveniente construir hornos secadores con capacidad superiores<sup>13</sup> a los  $15 \text{ m}^3$  pues cuanto más grande sea la cámara menos eficiente es el secado. Otro aspecto a considerar es el ancho de la secadora, ya que el diseño debe garantizar una uniformidad en la circulación de la masa de aire a través de la pila de madera que se pretende secar. Es por ello que se recomienda que las secadoras no superen los 5 m de ancho<sup>14</sup>.

Tomando en cuenta esto, el PIMA decidió diseñar y construir un horno solar que cumpliera con los parámetros antes mencionados teniendo el horno una capacidad de  $12.92 \text{ m}^3$  y  $3.40 \text{ m}$  de ancho.

El consumo anual durante el año 2017 corresponde a los requerimientos de madera expresados en las órdenes de producción.

Tomando en cuenta el horno como una tecnología del proceso de secado de madera durante la etapa de habilitado, se contará (a como se mencionó antes) con una capacidad instalada de aproximadamente  $12.92 \text{ m}^3$  (5,475.1859 Pie

---

<sup>13</sup> Benito y Calderón, (1993). Manual de horno solar para secado de madera. Honduras. págs. 14-16.

<sup>14</sup> 15 Benito y Calderón, (1993). Manual de horno solar para secado de madera. Honduras. págs. 11-12.

Tablar) por carga. Dicho horno tendrá un tamaño de  $39.375 \text{ m}^3$  (3.70 m de largo, 3.40 m de ancho y 3.13 m de alto). En promedio la madera tarda en secarse 20 días, por lo tanto, se podrán realizar aproximadamente 12 cargas al año ( $155.04 \text{ m}^3/\text{año}$ ) equivalentes a 65,702.231 pie tablar/año.

A continuación, se detalla el porcentaje de aprovechamiento de la capacidad instalada estimado para los siguientes años:

	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Capacidad Instalada (Pie Tablar)</i>	65,702.2	65,702.2	65,702.2	65,702.2	65,702.2
<i>Capacidad Ocupada (Pie Tablar)*</i>	11,778.4	15,311.9	25,935.3	33,715.9	43,830.7
<i>% Aprovechamiento</i>	17.93%	23.30%	39.47%	51.32%	66.71%

*Ilustración 5 Porcentaje de Aprovechamiento de Capacidad*

\*Ver Tabla 45

#### 4. Macro localización del proyecto

Los proveedores de materia prima pueden llegar fácilmente donde está localizado el PIMA ya que se cuenta con una red vial que facilita el acceso para entregar los insumos.

Los servicios básicos tales como agua potable y energía eléctrica con los que cuenta el programa está sustentado por una red de agua potable y alcantarillado proporcionado por la empresa ENACAL, además cuenta con un tanque para almacenar agua cuando el servicio falle; en lo referente a la red energética esta es suministrada por Disnorte-Disur. La Universidad Nacional de Ingeniería está exenta del pago de estos servicios según la ley 89 (Ley de autonomía de las instituciones de educación superior, título VII, capítulo único, del patrimonio,

artículo 55, numeral 2), por ende, el programa tampoco realiza estos pagos debido a que este se rige bajo los estatutos de esta universidad.

## **5. Micro localización**

### **5.1 Ubicación**

El programa institucional de la madera (PIMA) está ubicado dentro de las instalaciones del Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI-RUPAP) en el distritito VI de la ciudad de Managua (Ver Ilustración 4).

### **5.2 Condiciones Geográficas y Topográficas**

Para definir de mejor manera la posición exacta del taller, se utilizó Google Earth y así conocer las coordenadas y el posicionamiento geográfico, que corresponden a Latitud 12.14°N y Longitud 86.22°O.



*Ilustración 6 Ubicación Geográfica*

En el aspecto político, este programa se rige bajo las mismas normas establecidas por la Universidad Nacional de Ingeniería puesto que es parte de ella.

Para este proyecto el PIMA ya cuenta con el terreno para la instalación del horno, sin embargo, la evaluaremos junto a otras 2 posibles ubicaciones donde el horno podrá ser construido, esto se realizará mediante el método cualitativo por puntos.

En la siguiente figura<sup>15</sup> se muestran dichas ubicaciones:

<sup>15</sup> Realizada sin escala para fines de ilustración



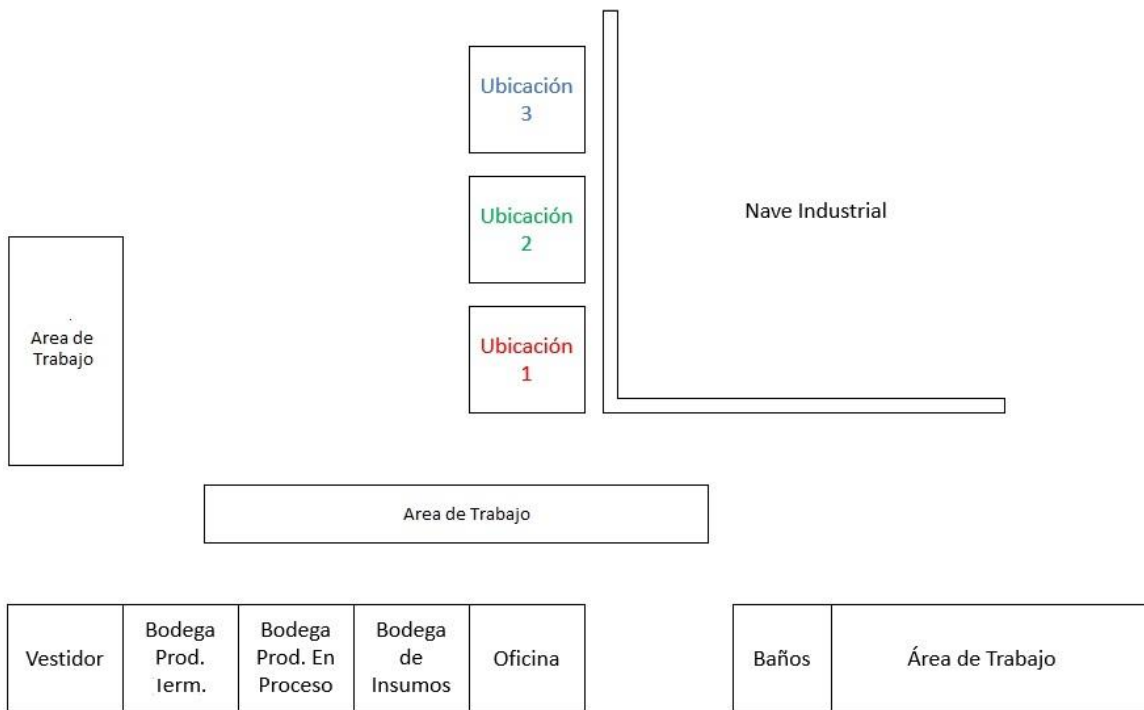


Ilustración 7 Ubicaciones a evaluar

Los factores considerados para determinar la ubicación más óptima junto al peso y puntaje asignado basado en su relevancia son los siguientes:

	Ubicación 1			Ubicación 2		Ubicación 3	
<b>Factor</b>	<b>Peso</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Puntaje Ponderado</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Puntaje Ponderado</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Puntaje Ponderado</b>
<i>Cercanía al área de trabajo</i>	0.3	10	3	9	2.7	8	2.4
<i>Secuencia al proceso productivo</i>	0.4	10	4	9	3.6	8	3.2
<i>Menor tiempo empleado en traslado</i>	0.3	10	3	9	2.7	8	2.4
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>		<b>10</b>		<b>9</b>		<b>8</b>

Ilustración 8 Factores de selección y puntaje ponderado

La evaluación da como resultado que el horno se debe construir en la ubicación 1 dado que obtuvo la puntuación ponderada más alta.

Entre las principales condiciones climáticas que existen en la ciudad de Managua es la predominación del corredor seco del pacífico, provocando temperaturas en horas del mediodía cercanas a los 40°C. (Ver mapa de radiación solar en Nicaragua en anexo 11)

El Taller se encuentra dentro de la Universidad Nacional de Ingeniería, está ubicada cerca de los barrios Georgino Andrade y Villa Austria, lugares que son considerados como zonas rojas por su alto grado delincucional. Cabe señalar que existen puestos de vigilancias estacionarias en la zona.

## 6. Materia Prima

La materia prima necesaria para elaboración de muebles son las distintas especies de madera. Las especies de madera con las que se fabrican los muebles en el PIMA se mencionan a continuación:

1. Almendro
2. Cedro Macho
3. Guanacaste
4. Pino Caribbean
5. Pino Radiata
6. Níspero
7. Teka
8. Nancitón

## 6.1 Descripción de los tipos de madera

Leyenda	
Db: Densidad Básica	Ds: Densidad Seca
Dsa: Densidad Seca al aire	Dv: Densidad verde

Ilustración 9 Leyenda

Especie: ALMENDRO <sup>16</sup>	
Db = 0.85 $gr/cm^3$	Ds = 1.00 $gr/cm^3$
Dsa = 1.02 $gr/cm^3$	Dv = 1.14 $gr/cm^3$
<p>Madera con albura color pardo amarillento claro, duramen castaño a castaño oscuro; textura media; grano recto a entrecruzado; superficie sin brillo y áspera al tacto; en condición verde con olor agradable característico, en condición seca sin olor ni sabor característicos.</p> <p>Su densidad es muy alta y contracción volumétrica total alta con una relación de contracciones favorable (1.3); presenta propiedades mecánicas altas a muy altas; seca al aire con velocidad lenta, desarrollando defectos moderados como grietas, arqueaduras y torceduras; duramen durable en contacto con el suelo, resistente a hongos de pudrición e insectos; difícil de tratar con productos preservantes; difícil de trabajar debido a su alta densidad, dureza y grano entrecruzado.</p> <p>Usos:</p> <p>Construcción pesada, durmientes, mangos de herramientas, plataforma y</p>	

<sup>16</sup> Herrera Alegria, Z., & Morales Vargas, A. (1993). *Propiedades y Usos Potenciales de 100 maderas Nicaraguenses*. (99-100, Trad.) Managua, Nicaragua: Instituto Nicaraguense de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA).

carrocería para vehículos, soportes para minas. Es una madera estructural perteneciente al grupo A (Ver Anexo 19).

Otros usos:

- Las semillas tostadas son comestibles para el hombre (Offen, 1992).
- Las semillas son comidas por animales silvestres y de ellas se extrae aceite, el cual se utiliza en tratamientos para el cabello y para problemas estomacales (Offen, 1992).
- Es excelente para leña y carbón.

Tabla 3 Descripción Almendro

Especie: CEDRO MACHO <sup>17</sup>	
Db = 0.47 gr/cm <sup>3</sup>	Da = 0.53 gr/cm <sup>3</sup>
Dsa = 0.56 gr/cm <sup>3</sup>	Dv = 0.74 gr/cm <sup>3</sup>
<p>Madera de color beige-rosado, duramen castaño claro-rosado; textura media; grano recto a entrecruzado; superficie medianamente brillante y áspera al tacto; olor y sabor no característicos.</p> <p>Posee densidad media, contracción volumétrica total moderada (12.7) con una relación de contracciones normal (1.8); propiedades mecánicas que se clasifican de muy bajas a algo medianas; seca al aire a una velocidad moderada, desarrollando defectos moderados (arqueaduras y torceduras); moderadamente durable, resistente a hongos de pudrición; moderadamente tratable con productos preservantes en albura y difícil de tratar en duramen; medianamente fácil de trabajar con maquinaria y herramientas manuales, con tendencia a</p>	

<sup>17</sup> Herrera Alegria, Z., & Morales Vargas, A. (1993). *Propiedades y Usos Potenciales de 100 maderas Nicaraguenses*. (99-100, Trad.) Managua, Nicaragua: Instituto Nicaraguense de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA).

formar grano mechado y rasgado.

Usos:

Construcción interna (molduras, puertas, ventanas y marcos, zócalos, enchapes) carpintería en general, barcos, botes, lanchas, acabados y divisiones interiores, muebles, gabinetes, chapas decorativas, contrachapados, artículos torneados, lápices. Estructuralmente se clasifica en el grupo C. (Ver Anexo 19)

Otros usos:

De las semillas de Cedro Macho se obtiene aceite que se utiliza en fabricación de jabón y velas y como repelente de insectos. De la corteza se pueden extraer taninos y contiene un alcaloide (carapina) de aplicación medicinal.

Tabla 4 Descripción Cedro Macho

Especie: GUANACASTE <sup>18</sup>	
Db = 0.38 $gr/cm^3$	Da = 0.42 $gr/cm^3$
Dsa = 0.46 $gr/cm^3$	Dv = 1.06 $gr/cm^3$
<p>Madera de albura de color amarillo pálido, duramen castaño; textura media gruesa; grano comúnmente entrecruzado; superficie poco brillante; olor y sabor no característicos.</p> <p>Tiene baja densidad, baja contracción volumétrica total con una relación de contracciones desfavorable (2.5); sus propiedades mecánicas se clasifican desde muy bajas a algo medianas; seca al aire con una velocidad moderada,</p>	

<sup>18</sup> Herrera Alegria, Z., & Morales Vargas, A. (1993). *Propiedades y Usos Potenciales de 100 maderas Nicaraguenses*. (99-100, Trad.) Managua, Nicaragua: Instituto Nicaraguense de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA).

desarrollando defectos moderados (arqueaduras, curvaturas y torceduras); albura susceptible y duramen moderadamente resistente al ataque de hongos e insectos; duramen moderadamente tratable; se le trabaja fácilmente tendiendo a astillarse ocasionalmente y presentando grano mechudo; produce aserrín irritante.

#### Usos:

Muebles, cavados interiores, canoas, botes, contrachapados, chapas decorativas, ruedas de carretas, carpintería en general. Los valores de las propiedades y de las fatigas admisibles la colocan fuera de la clasificación de madera de tipo estructural.

#### Otros Usos:

- Reforestación: Especie con buen potencial de reforestación para la producción de madera y forraje.
- Sistemas Agroforestales: El Guanacaste es muy utilizado en sistemas silvopastoriles por su forraje y la sombra para el ganado.
- Forraje: Presenta altos contenidos de proteínas. Para hojas, tallos tiernos y vainas verdes 17% y para las semillas 36%.

Tabla 5 Descripción Guanacaste

Especie: PINO CARIBEAN <sup>19</sup>	
Db = 0.439 <i>gr/cm</i> <sup>3</sup>	Da = 0.483 <i>gr/cm</i> <sup>3</sup>
Dsa = 0.518 <i>gr/cm</i> <sup>3</sup>	Dv = 0.916 <i>gr/cm</i> <sup>3</sup>

<sup>19</sup> Herrera Alegria, Z., & Morales Vargas, A. (1993). *Propiedades y Usos Potenciales de 100 maderas Nicaraguenses*. (99-100, Trad.) Managua, Nicaragua: Instituto Nicaraguense de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA).

Madera con albura de color gris pálido, duramen amarillo pálido; textura fina; grano recto; superficie medianamente lustrosa; olor agradable resinoso; sabor no característico.

Posee una densidad media, contracción volumétrica total baja (8.871) con una relación de contracciones normal (1.726); sus propiedades mecánicas se clasifican de muy bajas a medianas; seca al aire a una velocidad moderadamente lenta, desarrollando defectos moderados (grietas, arqueaduras y abarquillado); susceptible a hongos cromógenos que producen la mancha azul, duramen moderadamente resistente a hongos de pudrición, fácil de tratar con soluciones preservantes en albura y moderadamente tratable en duramen; moderadamente fácil de trabajar con herramientas manuales y maquinarias.

#### Usos:

Puede utilizarse en construcciones livianas, muebles, carpintería, artículos torneados, contrachapados, artesanías, puertas, gabinetes, ventanas, juguetes, postes para líneas de transmisión eléctricas y telefónica (tratados), cortinas o persianas flexible, pulpa y panel.

#### Otros usos:

- Reforestación: Especie apta para reforestación en plantaciones industriales; fácilmente adaptables a suelos pobres y ácidos con topografía plana y accidentada.
- Leña y carbón: Apta para leña y carbón con un poder calorífico de 20,298 KJ/kg.
- Resina: Pinus caribea var. Hondurensis produce resina de la cual pueden obtenerse pinturas, barnices, plásticos, aceites, gomas, resinas sintéticas,

productos químicos y farmacéuticos.

- Ornamental: Puede ser utilizada como ornamental.

Tabla 6 Descripción Pino Caribbean

Especie: PINO RADIATA <sup>20</sup>	
Db = 0.495 $gr/cm^3$	Da = 0.548 $gr/cm^3$
Dsa = 0.587 $gr/cm^3$	Dv = 1.101 $gr/cm^3$
Madera con albura gris, duramen amarillo pálido; textura media; grano recto; medianamente lustrosa; olor aromático (debido a la resina); sabor no característico.	
Usos:	
Puede utilizarse en construcciones livianas y molduras, muebles, carpintería en general, contrachapados, artículos torneados, puertas, gabinetes, ventanas, artesanías, juguetes, cortinas o persianas flexibles, postes para líneas de transmisión eléctrica y telefónica (tratados) pulpa y papel.	

Tabla 7 Descripción Pino Radiata

Especie: NISPERO <sup>21</sup>	
Db = 0.89 $gr/cm^3$	Da = 1.04 $gr/cm^3$
Dsa = 1.05 $gr/cm^3$	Dv = 1.33 $gr/cm^3$
Madera con labura color castaño muy pálido, duramen rojizo; textura fina a	

<sup>20</sup> Herrera Alegria, Z., & Morales Vargas, A. (1993). *Propiedades y Usos Potenciales de 100 maderas Nicaraguenses*. (99-100, Trad.) Managua, Nicaragua: Instituto Nicaraguense de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA).

<sup>21</sup> Herrera Alegria, Z., & Morales Vargas, A. (1993). *Propiedades y Usos Potenciales de 100 maderas Nicaraguenses*. (99-100, Trad.) Managua, Nicaragua: Instituto Nicaraguense de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA).



media; grano entrecruzado; superficie poco lustrosa; olor y sabor no característicos.

Es una especie con densidad muy alta, contracción volumétrica total moderada a alta (14.9) con una relación de contracciones favorable (1.4); sus propiedades mecánicas se clasifican de medias a muy altas; seca al aire a una velocidad lenta, presentando defectos moderados principalmente curvaturas y torceduras; duramen resistente a hongos de pudrición, termites y taladradores marinos; fácil de tratar con productos perseverantes en albura e imposible de tratar en duramen; moderadamente difícil de trabajar con maquinaria y herramientas manuales.

#### Usos:

Es una madera estructural perteneciente al grupo A (Ver Anexo 19), se le puede usar en estructuras en general, durmientes, puentes, polines pesados, construcciones marítimas, pisos y parquet, quillas de botes dobladas al vapor, mangos de herramientas, lanzaderas para la industria textil.

#### Otros Usos:

- Frutos: Los arboles de níspero son apreciados y cultivados por sus frutos, los cuales son comestibles, crudos y en conservas (Record, 1943; Offen, 1992 y Standley, 1967).
- Uso Industrial: El látex de esta especie es materia prima para fabricación del chicle utilizado para goma de mascar.
- Uso medicinal: La corteza y hojas tienen propiedades astringentes (Offen, 1992). Las semillas pulverizadas se utilizan contra mordeduras de animales venenosos (Mendieta, 1981).

*Tabla 8 Descripción Níspero*

Especie: TEKA <sup>22</sup>	
Db = $gr/cm^3$	Da = $gr/cm^3$
Dsa = $gr/cm^3$	Dv = $gr/cm^3$
<p>Madera con albura de color amarillo pálido; duramen castaño amarillento claro; textura media; superficie medianamente lustrosa; olor y sabor no característicos.</p> <p>La madera de teca es muy apreciada comercialmente gracias a su belleza y propiedades excepcionales (buena estabilidad dimensional, alta durabilidad natural y de fácil manejo.</p> <p>Usos:</p> <p>Muebles finos, contrachapados, gabinetes, ebanistería, pisos y parquet, acabados interiores, chapas decorativas, construcción de botes y barcos, artículos torneados.</p> <p>Otros Usos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reforestación: Especie de rápido crecimiento con gran potencial para la producción de madera.</li> <li>• Leña y Carbón: La madera posee un alto poder calorífico (5000Kcal/kg), sin embargo, por ser una madera de alto valor se le utiliza poco para esta función.</li> </ul>	

Tabla 9 Descripción Teka

<sup>22</sup> Herrera Alegria, Z., & Morales Vargas, A. (1993). *Propiedades y Usos Potenciales de 100 maderas Nicaraguenses*. (99-100, Trad.) Managua, Nicaragua: Instituto Nicaraguense de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA).

Especie: NANCITON <sup>23</sup>	
Db = 0.61 <i>gr/cm</i> <sup>3</sup>	Da = 0.71 <i>gr/cm</i> <sup>3</sup>
Dsa = 0.74 <i>gr/cm</i> <sup>3</sup>	Dv = 0.94 <i>gr/cm</i> <sup>3</sup>
<p>Madera con albura de color rosado claro a beige, duramen castaño rosado, textura media gruesa; grano entrecruzado; superficie sin brillo y poco áspera al tacto; olor y sabor no característicos</p> <p>Posee una densidad media, contracción volumétrica total moderada (14.0) con una relación de contracciones desfavorable (2.0); sus propiedades mecánicas se clasifican de bajas a altas; seca al aire con una velocidad lenta desarrollando defectos tales como grietas, torceduras y colapso; durable a muy durable: moderadamente difícil de tratar con productos preservantes; moderadamente difícil de tratar con maquinaria y herramientas manuales.</p> <p>Usos:</p> <p>Construcción pesada en general (interna y externa), madera estructural para puentes, postes para cercas y estacas, durmientes, pilotaje y construcción marina, muebles (partes de estos), gabinetes (partes de estos), chapas decorativas.</p> <p>Otros Usos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se obtienen taninos en pequeñas cantidades de la corteza, madera y hojas.</li> </ul>	

Tabla 10 Descripción Nancitón

<sup>23</sup> Herrera Alegria, Z., & Morales Vargas, A. (1993). *Propiedades y Usos Potenciales de 100 maderas Nicaraguenses*. (99-100, Trad.) Managua, Nicaragua: Instituto Nicaraguense de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA).

## 6.2 Tiempos de Secado<sup>24</sup>

La madera se clasifica en dos especies tomando en cuenta su valor de densidad: Maderas Blandas (Baja densidad) y Maderas Duras (Alta densidad). El proceso de secado de las maderas blandas tarda considerablemente menos (Ver Tabla 11). De implementarse la tecnología en estudio (Horno solar) a dicho proceso se le anexará un tiempo de Pre-secado (Secar la madera a la intemperie).

A continuación, se detallan los tiempos que tarda la madera en ambos escenarios y se muestra el ahorro que se obtiene de instalar el horno solar en el proceso.

		Tiempos de Secado (Días)**				
<i>Tipo de Madera</i>	Especie	Intemperie	<u>Pre-secado</u>	<u>Horno solar</u>	<u>Propuesto</u>	Ahorro
<i>Blanda</i>	Cedro Macho	75	7	20	27*	48
	Pino Caribbean					
	Pino Radiata					
	Guanacaste					
<i>Dura</i>	Almendro	365	34	20	54*	311
	Teka					
	Níspero					
	Nancitón					

Tabla 11 Tiempos de secado (Fuente PIMA)

\*Suma del Tiempo de Presecado más el Tiempo en Horno Solar

\*\*Para Secado a la Intemperie a una temperatura entre 35°C y 40°C y para Secado en Horno Solar a una temperatura que oscila entre 40°C y 90°C.

De esta manera se obtienen los siguientes gráficos que muestra el tiempo ahorrado según cada tipo de madera:

<sup>24</sup> Fuente: PIMA

Secado a la Intemperie - Madera Blanda	
Secado de Lote de 5,475.1859 Pie Tablar	Producción
75 días	

*Ilustración 10 Tiempo de Secado a la intemperie - Madera Blanda*

**Vs**

Secado al Horno- Madera Blanda	
Secado de Lote de 5,475.1859 Pie Tablar	Producción
27 días	Ahorro: 48 días

*Ilustración 11 Tiempo de secado al horno - Madera Blanda*

Secado a la Intemperie - Madera Dura	
Secado de Lote de 5,475.1859 Pie Tablar	Producción
365 días	

*Ilustración 12 Tiempo de secado a la intemperie – Madera Dura*

**Vs**

Secado al Horno- Madera Blanda	
Secado de Lote de 5,475.1859 Pie Tablar	Producción
54 días	Ahorro: 311 días

*Ilustración 13 Tiempo de secado al horno - Madera Dura*

Dichos resultados se obtuvieron mediante pruebas realizadas en un horno prototipo diseñado por estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica.<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Eddy Bismarck Guevara Hernández, J. J. (2016). *Diseño y construcción de un horno solar para secado de madera dirigido a pequeñas y medianas empresas pertenecientes al sector de la madera en Nicaragua*. Managua.

## 7. Maquinaria y Equipo

Las maquinarias y los equipos necesarios para llevar a cabo el proceso de secado de madera mediante el horno solar se cotizaron en diferentes empresas distribuidoras e importadores de estos mismos.

Los equipos que se muestran en el siguiente cuadro son los costos más óptimos de manera que se puedan cubrir las necesidades. A su vez se encuentra una tabla que describe a cada equipo.



<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Imágenes</b>
<b>Horno Solar</b>	1	C\$277,859.01	C\$277,859.01	
<b>Carretilla para Pallet</b>	1	C\$14,544.58	C\$14,544.58	

Tabla 12 Costo de Maquinaria y equipo



Nombre	Descripción	Imagen
<b>Horno Solar</b>	Cámara que tiene la capacidad de almacenar el calor que es generado por la incidencia de los rayos solares sobre un colector de placa plana. La idea es que el calor que se genera sea útil en el proceso de secado de la madera.	
<b>Carretilla para Pallet</b>	Permiten el traslado de productos entarimados de una forma rápida, confiable y económica.	

Tabla 13 Descripción de Maquinaria y equipo

Para llevar a cabo la construcción del horno se requieren de los siguientes materiales y actividades:

Descripción	Unidad de Medida	Costo Total
		<b>C\$277,859.01</b>
<b>PRELIMINARES</b>		<b>C\$2,194.80</b>
Limpieza inicial	m <sup>2</sup>	C\$0.00
Trazo y Nivelación	m <sup>2</sup>	C\$2,194.80
<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>		<b>C\$26,145.70</b>
Descapote de tierra vegetal y corte de terreno. Altura promedio 50cms en el área de 5.0 x 5.5 mts	m <sup>3</sup>	C\$4,125.00
Relleno y compactación, usar compactadora mecánica en el área de trabajo altura promedio	m <sup>3</sup>	C\$6,150.20
Explotación de Banco de Material selecto	m <sup>3</sup>	C\$8,786.00
Acarreo de materiales selecto	m <sup>3</sup>	C\$2,979.00
Botar material de corte (En vertedero autorizado por Alcaldía)	m <sup>3</sup>	C\$4,105.50
<b>CIMENTACION</b>		<b>C\$38,380.00</b>

Acero de refuerzo		C\$24,380.00
Concreto 300 PSI arena motastepe		C\$14,000.00
<b>ESTRUCTURA METALICA</b>		<b>C\$20,032.68</b>
Platina base 7"X7"X1/4"		C\$2,000.00
Perlines de 1 1/2"X3"X1/16"		C\$14,400.00
Pintura anticorrosiva		C\$2,160.00
Angular 2"X1/8"X6M		C\$1,472.68
<b>PISO 3000 PSI</b>		<b>C\$37,724.60</b>
Conformación y compactación manual		C\$7,341.60
Losa de concreto ancho: 15 cms, con acero de refuerzo $\phi$ 3/8" en ambas direcciones a cada 20 cms, incluido acabado		C\$24,863.00
Canal de medida caña todo incluido alrededor del muro		C\$5,520.00
<b>AUTOMATIZACION DEL HORNO</b>		<b>C\$1,480.00</b>
PIC 16f877A. • Pantalla Lcd 16*2. • Cristal de frecuencia 4KHz. • Sensor de humedad y temperatura DHT-22 • 2 releay de 12V. • 2 capacitores de 22 pico faradio (PF) • 1 resistencia de 4.7 K $\Omega$ . • 1 resistencia de 1 K $\Omega$ .		C\$1,480.00

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	
<b>RECUBRIMIENTO EN PAREDES</b>				<b>C\$ 74,818.36</b>
Cajas Metálicas de 4"x4" #18	unidad	4	C\$ 721.63	C\$ 2,886.51
Sikaflex (Adhesivos)	Unidad	10	C\$ 252.38	C\$ 2,523.80
Canal muro Isopanel 4"x10'	Unidad	17	C\$ 421.80	C\$ 7,170.60
Esquinero Interno Isopanel 10 ' de 4"	Unidad	4	C\$ 485.59	C\$ 1,942.36
Esquinero Externo Isopanel 10 ' de 4"	Unidad	4	C\$ 543.12	C\$ 2,172.47
Isopanel D200, 100 mm	m <sup>2</sup>	44.64	C\$ 1,026.27	C\$ 45,812.79
Compresor 50 Lts, 116 PSI, 2.5 HP, 120 V	Unidad	1	C\$ 5,226.17	C\$ 5,226.17
Cemento Gris Canal	Unidad	1	C\$ 412.27	C\$ 412.27
Lija de Agua 3M No. 60	Unidad	7	C\$ 30.66	C\$ 214.61
Silicón Acrílico Blanco	Unidad	3	C\$ 85.77	C\$ 257.30
Silicón Transparente Marino	Unidad	6	C\$ 189.10	C\$ 1,134.57
Platina Soporte 4"x5/8"	Unidad	1	C\$ 154.65	C\$ 154.65
Broca p/Concreto 3/8"x6	Unidad	1	C\$ 137.43	C\$ 137.43
Pistola Profesional para Silicón	Unidad	1	C\$ 85.77	C\$ 85.77



Faster Dry	Galón	2	C\$ 887.48	C\$ 1,774.96
Thinner Acrílico	Galón	2	C\$ 253.74	C\$ 507.47
Solvente Mineral	Galón	1	C\$ 255.44	C\$ 255.44
Bisagras "T" de 10"	Unidad	4	C\$ 485.88	C\$ 1,943.50
Haladera de barra 6 1/2"	Unidad	2	C\$ 102.85	C\$ 205.69
<b>COMPONENTE TECHO</b>				<b>C\$ 61,987.74</b>
Tubo de aluminio de 2"X2"X1/16"	m	9	C\$ 200.00	C\$ 1,800.00
Remaches pops 5/32"X1/2"	unidad	12	C\$ 34.40	C\$ 412.80
Angulo 1 1/2"X1/2" M.F	m	18	C\$ 113.07	C\$ 2,035.22
Vidrio estructural dúplex de 6mm con vinil al centro.	unidad	9	C\$ 1,300.00	C\$ 11,700.00
Ventanas de aluminio de 0.20X0.20	unidad	2	C\$ 2,012.50	C\$ 4,025.00
Ventanas de aluminio de 0.40X0.20	unidad	2	C\$ 2,012.50	C\$ 4,025.00
Silicón industrial transparente base poliuretano.	unidad	8	C\$ 250.00	C\$ 2,000.00
Canal PVC Blanco	unidad	1	C\$ 700.00	C\$ 700.00
Tubo PVC bajante para drenaje 3" con accesorios de fijación.	unidad	1	C\$ 595.12	C\$ 595.12
Accesorios de fijación de drenaje de 3"	Unidad	6	C\$ 50.00	C\$ 300.00
Deflector solar (con Zinc galvanizado liso cal. 26 std con estructura de angular)	global	1	C\$ 920.00	C\$ 920.00
Angular de metal de 2"x2"x1/8	unidad	20	C\$ 450.00	C\$ 9,000.00
Tensor de varilla de metal corrugado (repintar con pintura base poliuretano)	quintal	10	C\$ 200.00	C\$ 2,000.00
Extractor de aire industrial de 1/4 HP	unidad	2	C\$ 6,130.30	C\$ 12,260.60
Mano de obra para montaje de estructura de aluminio de 2 " x 2" x 1/16" con remaches pops 5/32" x 1/2" y montaje de 18 metros de techo de vidrio de 6mm colocando silicón industrial transparente base poliuretano en todas las uniones.	metros	10	C\$ 600.00	C\$ 6,000.00
Mano de obra para Instalación de Deflector solar con zinc galvanizado liso cal. 26 std con estructura de angular e instalación de 4 ventilas de aluminio todo sellado con silicón industrial base poliuretano.	unidad	2	C\$ 607.00	C\$ 1,214.00
Mano de obra para instalación de dos extractores de aire industrial de 1/4 HP. 2 circuitos	unidad	2	C\$ 1,500.00	C\$ 3,000.00

independientes de 20 amperios cada uno se utilizara conductor bsj para conexión interna en la cámara de secado				
<b>COMPONENTE TECHO ELECTRICIDAD</b>				<b>C\$ 12,850.00</b>
Suministrar e instalación de tubería EMT $\phi$ 1/2", con sus accesorios. (Uniones, curvas y cajas M/T)	m	15	C\$ 120.00	C\$ 1,800.00
Suministrar e instalación de tubería PVC $\phi$ 3/4" con sus accesorios, (Uniones, curvas y cajas M/T)	m	15	C\$ 150.00	C\$ 2,250.00
Suministro de conductor THWN Multifilar AWG	m	150	C\$ 30.00	C\$ 4,500.00
Panel eléctrico bifásico con protección a tierra	unidad	1	C\$ 2,500.00	C\$ 2,500.00
Instalación de panel eléctrico bifásico, conectar la acometida y sistema de tierra colocar circuitos para la alimentación al panel principal	unidad	1	C\$ 1,800.00	C\$ 1,800.00
<b>Imprevistos del Proyecto (3% del subtotal)</b>				<b>C\$ 2,245.13</b>
<b>TOTAL</b>				<b>C\$276,379.01</b>

Tabla 14 Costo del Horno

FICHA TÉCNICA			
<b>Realizado por:</b>	Josman Moreno - Jhoseline Alvarez	<b>Fecha:</b>	20/11/2017
<b>Máquina-Equipo:</b>	Horno Solar	<b>Ubicación:</b>	PIMA-UNI RUPAP
<b>Fabricante:</b>	Programa Institucional de la Madera (PIMA)	<b>Sección:</b>	Área de secado
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>			
<b>Altura=</b> 3.13 metros		<b>Ancho=</b> 3.40 metros	<b>Largo=</b> 3.70 metros
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Paredes:</b> lamina isopanel distribuido por HOPSA S.A</li> <li>• <b>Piso:</b> concreto reforzado de 15 cm</li> <li>• <b>Techo:</b> vidrio dúplex de 6mm</li> <li>• <b>Estructura de techo:</b> tubo MT de chapa No.14 dimensión 2"×2" recubierto con pintura negro mate, base poliuretano.</li> <li>• <b>Colector:</b> lamina lisa calibre #16 recubierto con pintura negro mate, base poliuretano.</li> <li>• <b>Puertas:</b> lamina isopanel distribuido por HOPSA S.A</li> </ul>		<b>FOTO DE LA MÁQUINA-EQUIPO</b> 	
<b>FUNCIÓN:</b> Almacenar la energía térmica que proviene de la incidencia de los rayos solares en un colector de temperatura en su interior, con ventiladores que dan lugar a la circulación forzada del aire y ventilas que permiten la renovación de aire al interior del horno así como la evacuación del aire húmedo hacia el exterior.		<b>MANTENIMIENTO:</b> Limpieza del techo y piso, pintar colector y paredes del horno, engrase y cambio de rodamiento del sistema de ventilación	

*Ilustración 14 Ficha Técnica - Horno Solar*

## 8. Edificios e instalaciones

Las áreas con las que cuenta el PIMA son:

- Servicios y Ventas
- Producción
- Diseño y Control de Calidad.
- Administración
- Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico.

- Capacitación.

Infraestructura Actual<sup>26</sup>:

- Pabellón con 5 aulas
- Nave industrial, 1er etapa, Minifalda en concreto con suelo compactado (suelo: Cemento)

### 8.1 Distribución de planta actual

El tipo de distribución instalada en el PIMA es la distribución funcional o por proceso, esto quiere decir que las operaciones del mismo tipo se realizan dentro del mismo sector o área. Por lo cual las máquinas y equipos necesarios para la fabricación de los muebles se encuentran agrupados en una misma área según su función, con el fin de minimizar el costo de manejo de materiales (Ver Anexos).

### 8.2 Distribución de planta con la instalación del horno.

El ángulo de inclinación del techo del horno solar es de 12°, para que los rayos solares penetren en el mismo con la mayor perpendicularidad posible<sup>27</sup> aprovechando al máximo la radiación solar obtenida. Uno de los factores que influyó en la toma de decisión de la ubicación del horno solar fue la proximidad al área de trabajo y bodega. Así mismo este terreno cuenta con el espacio

---

<sup>26</sup> Sandino Valerio, J. M., Silva Ramirez, J. L., & Urbina Guido, R. A. (2016, Julio 12). Diseño de un sistema de control de inventarios para el Programa Institucional de la Madera (PIMA). Managua, Nicaragua.

<sup>27</sup> Eddy Bismarck Guevara Hernández, J. J. (2016). *Diseño y construcción de un horno solar para secado de madera dirigido a pequeñas y medianas empresas pertenecientes al sector de la madera en Nicaragua*. Managua.

suficiente para ubicar el área de Presecado contiguo al horno solar y de esta manera disminuir tiempo y movimientos de traslado de la madera (Ver Anexos).

## 9. Obras necesarias

Para la construcción e instalación del horno solar, se contará con los colaboradores del programa, la mayoría de materiales se obtendrán por medio del proveedor HOPSA (Empresa dedicada a fabricar, asesorar, comercializar, y distribuir el sistema constructivo Covintec<sup>28</sup> desde hace 15 años en Nicaragua).

El terreno con que se cuenta para la instalación de dicha tecnología es aproximadamente de 57.30 m<sup>2</sup> propiedad de la Universidad Nacional de Ingeniería y actualmente está asignado al Programa Institucional de la Madera (PIMA). Sin embargo, se tienen que llevar cabo tareas pre operatorias para la habilitación del mismo tales como limpieza preliminar, movimiento de tierra, etc.

La cotización de los precios de los materiales se realizó en el Mes de Junio del año 2016 y se corrobora que los costos siguen siendo los mismos para el año 2017.<sup>29</sup>

---

<sup>28</sup> Malla tridimensional de alambre de acero galvanizado calibre 14 de alta resistencia, construida por cerchas verticales continuas de 3" de ancho con relleno de tiros de espuma de poli estireno expandido.

<sup>29</sup> Entrevista realizada a Ing. Jhader Zuniga

## 10. Estudio Organizacional

### 10.1 Organización Funcional

El Programa cuenta con una estructura organizativa que está enfocada a alcanzar la visión y misión que este ya tiene establecido.

### 10.2 Actividad de la empresa

El programa tiene como actividad económica la producción y comercialización de muebles de madera; por lo que la naturaleza del proyecto es de carácter productivo, centrado en minimizar tiempo de secado y defectos en el producto terminado.

### 10.3 Misión

El PIMA es un programa de la Universidad Nacional de Ingeniería, para la formación de técnicos superiores y especializaciones en el campo de la industrialización de la madera con la finalidad de contribuir a la transformación tecnológica y al desarrollo sustentable de Nicaragua.<sup>30</sup>

### 10.4 Visión

El PIMA se consolida como referente nacional en el desarrollo del sector industrial de la madera aportando ingeniería, innovación, extensión y recursos tecnológicos para la modernización y agregación de valor a la cadena productiva de recurso maderable.<sup>31</sup>

---

<sup>30</sup> Fuente: PIMA

<sup>31</sup> Fuente: PIMA

## 10.5 Estructura organizacional

La empresa cuenta con una estructura organizacional integral puesto que muestra las relaciones jerárquicas o de dependencia entre los departamentos. Dicha estructura cuenta con un total de 6, de los cuales 1 estará en el área de secado.

El programa está dividido en 6 áreas; sin embargo, para fines prácticos únicamente se estudiará el proceso de secado que fue antes explicado.

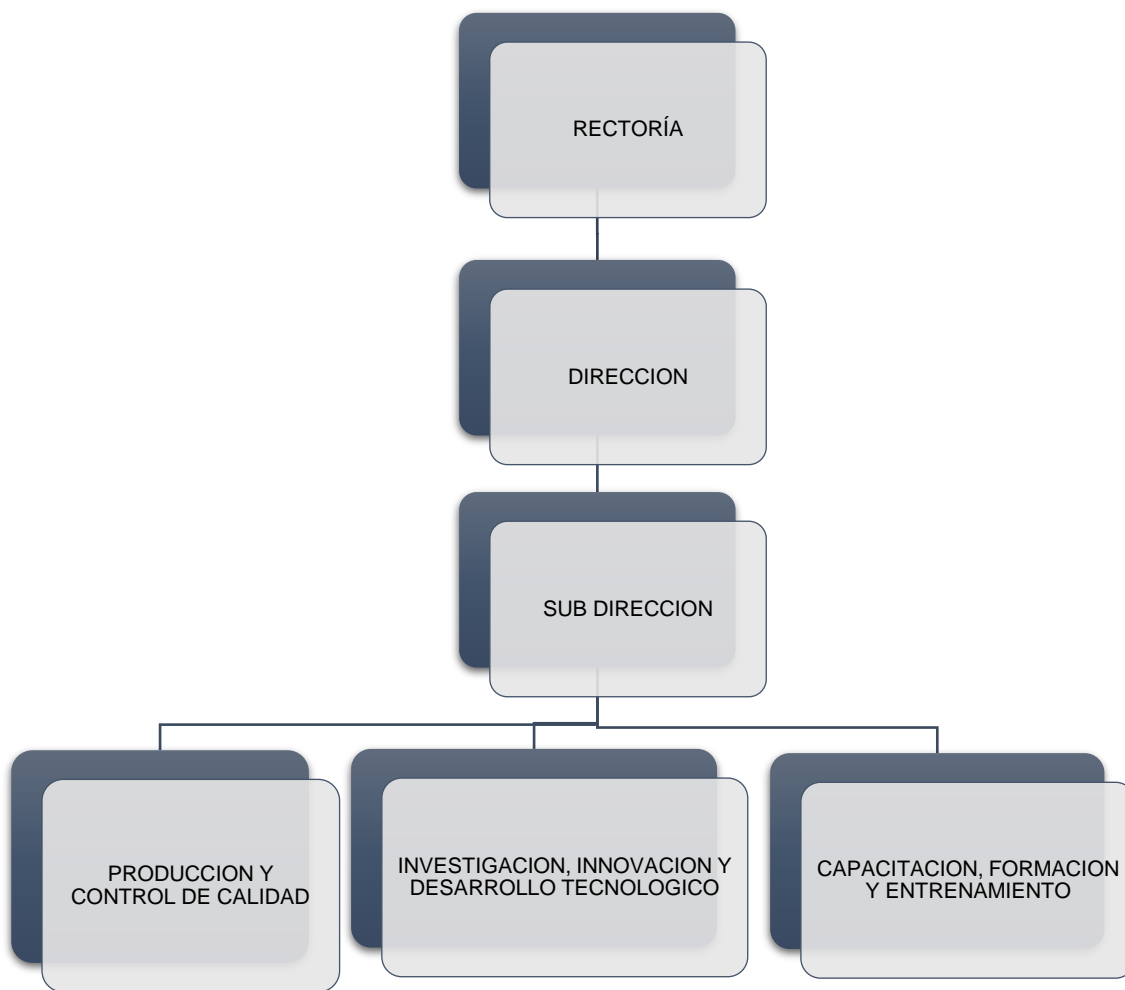
## 10.6 Funciones del área

### 10.6.1 Secado

- Verificar que la materia prima necesaria para la fabricación de los muebles se encuentre lista y en buen estado.
- Ejecutar el proceso de secado de la madera.
- Garantizar que todas las maquinas pertenecientes al área de secado estén en buen estado.

## 10.7 Organigrama PIMA (Por Departamento)

32



*Ilustración 15 Organigrama por departamento*

<sup>32</sup> Sandino Valerio, J. M., Silva Ramirez, J. L., & Urbina Guido, R. A. (2016, Julio 12). Diseño de un sistema de control de inventarios para el Programa Institucional de la Madera (PIMA). Managua, Nicaragua.



## 7.1 Descripción del perfil de los puestos de trabajo

Definir las funciones del colaborador involucrado en el proceso de secado es muy importante para que este esté consciente de lo que se espera de él en su desempeño laboral.

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO	
Departamento	Producción y Control de Calidad
Nombre del Puesto	Técnico de Secado
Reporta a lo interno	Jefe de Producción
Reporta a lo externo	-----
Quienes le reportan	-----
Función General	Garantizar que la madera destinada a secar presente el contenido de humedad óptimo para su posterior transformación.
Función Específica	a) Seleccionar el programa u horario de secado. b) Elaborar informes mensuales respecto a la cantidad de madera secada y funcionamiento del horno. c) Inspeccionar la madera a lo largo del secado.

Tabla 15 Descripción del puesto - Técnico de secado<sup>33</sup>

## PERFIL DEL PUESTO

Formación Académica	Ingeniero Mecánico
Experiencia	Experiencia mínima de 2 años en la industria maderera.

<sup>33</sup> Miranda Guevara, D. V. (16 de Mayo de 2016). Manual de Funciones y Procedimientos para el Programa Institucional de la Madera (PIMA). Managua.

Destrezas Técnicas y/o conocimientos especiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento de los compromisos y necesidades que se requieren.</li> </ul>
Características personales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proactivo.</li> <li>• Organizado.</li> <li>• Responsable</li> <li>• Honesto</li> </ul>

Tabla 16 Perfil del puesto - Técnico de secado<sup>34</sup>

## 7.1 Cuantificación de salarios

Debido a que en el PIMA cada cargo tiene su valor individual y el cargo “Técnico de secado” será considerado como nuevo dentro del proceso, cabe destacar que no será necesario contratar a un nuevo colaborador para desempeñar el mismo. Se cuantificó el valor de éste mediante el método de evaluación por puntos ya que es el más perfeccionado y utilizado en las empresas.

Se trabajó con los mismos factores de especificaciones propuestos en el libro de Administración de Recursos Humanos del autor Idalberto Chiavenato, clasificados en cuatro grupos:

### **Requisitos Intellectuales:**

1. Instrucción Básica
2. Experiencia
3. Iniciativa e ingenio

### **Requisitos Físicos:**

4. Esfuerzo físico necesario

<sup>34</sup> Miranda Guevara, D. V. (16 de Mayo de 2016). Manual de Funciones y Procedimientos para el Programa Institucional de la Madera (PIMA). Managua.

5. Concentración mental y visual

### Responsabilidad por:

6. Supervisión de personal

7. Material o Equipo

8. Métodos o procesos

9. Informaciones confidenciales

### Condiciones de Trabajo:

10. Ambiente de trabajo

11. Riesgos

Así mismo se ha utilizado la siguiente matriz para realizar la evaluación del puntaje basada en los requerimientos del puesto:

Puesto	Técnico de Secado						Total
Factor	Grado A	Grado B	Grado C	Grado D	Grado E	Grado F	
<b>Requisitos Intelectuales:</b>							
1. Instrucción Básica	15	30	45	60	75	90	45
2.Experiencia	25	50	75	100	125	0	50
3. Iniciativa e ingenio	15	30	45	60	75	90	30
<b>Requisitos Físicos:</b>							
4. Esfuerzo físico necesario	6	12	18	24	30	36	6
5. Concentración mental y visual	6	12	18	24	30	36	12
<b>Responsabilidad por:</b>							
6. Supervisión de personal	10	20	30	40	50	60	10
7. Material o Equipo	4	8	12	16	20	24	12
8. Métodos o procesos	4	8	12	16	20	24	4
9. Informaciones confidenciales	4	8	12	16	20	24	8
<b>Condiciones de Trabajo:</b>							
10. Ambiente de trabajo	6	12	18	24	30	36	12
11. Riesgos	10	20	30	40	50	60	10
<b>Total de puntos:</b>							199

Tabla 17 Evaluación por puntos

En la siguiente tabla se aprecia una propuesta de los salarios que se pueden asignar en determinados intervalos de puntaje partiendo del salario mínimo.

Amplitud de Puntos	Salarios
100-233	6500-10500
234-367	10501-18500
368-501	18501-34500
502-635	34501-66500

Tabla 18 Amplitud de puntos

El total de puntos obtenidos en la evaluación fue de 199, entrando así en el primer intervalo de salarios propuesto (6,500-10,500). Considerando C\$ 7,000 un salario que compensa el trabajo del colaborador que desempeñe este cargo.

A su vez el PIMA contratará (solo días de carga y descarga del horno) una cuadrilla comprendida por 2 personas (Externas) para agilizar y facilitar el proceso remunerando dicho trabajo con C\$250/día.

## 7.2 Salarios anuales

El personal y respectivo salario anual neto con el que contará el área de secado esta detallado en la siguiente tabla:

- **Técnico de Secado**= C\$7000/mes \* 12 Meses/año = C\$84,000/año
- **Cuadrilla**= C\$250/carga-descarga \* 2 Operarios \* 24 (carga-descarga/año o rotaciones de madera) = C\$12,000

<b>Técnico de Secado</b>	C\$84,000
<b>Cuadrilla (2 Operarios)</b>	C\$12,000
<b>TOTAL</b>	<b>C\$96,000</b>

Tabla 19 Salarios netos anual

# **CAPITULO III**

## **ESTUDIO LEGAL**

El conocimiento de la legislación aplicable al Horno, resulta fundamental para la preparación eficaz de este proyecto, con el fin de incorporar los elementos administrativos con sus correspondientes costos.

La constitución del Horno requerirá de procedimientos ya establecidos a lo interno de la universidad. Este se registrará por la legislación aplicable a la universidad.

Según la ley 89, ley de autonomía de las instituciones de educación superior, título VII, capítulo único, del patrimonio, (artículo 55, numeral 2)<sup>35</sup>, los bienes e ingresos de cualquier naturaleza que reciba la universidad no estarán sujetos al pago de ningún impuesto<sup>36</sup>, además esta ley contempla la exención del pago de servicios públicos como el agua, electricidad, teléfono y correos, sin embargo la UNI paga estas facturas indirectamente a través del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, quien descalfa del 6% los pagos correspondientes.<sup>37</sup>

Especificando lo anterior el Horno estará exento del pago de impuesto sobre la Renta (IR), impuestos Municipales (IMI); Impuestos sobre Bienes Inmueble (IBI) e Impuestos sobre el Valor Agregado (IVA)<sup>38</sup>. Sin embargo, debe presentar ciertos requisitos ante los Ministerios correspondientes para gozar de dichas exoneraciones<sup>39</sup>.

En el caso del IBI la universidad como representante del horno tiene la obligación de presentar declaración como requisito para poder obtener el

---

<sup>35</sup> Ley 89

<sup>36</sup> Entrevista realizada a Lic. Massiel Guerrero, especialista jurídica; por bachilleres autores de la tesis titulada “Estudio de Pre-Factibilidad para la instalación de un laboratorio de calibración de equipos de medición directa de riesgos higiénicos industriales en la Facultad de Tecnología de la Industria de la Universidad Nacional de Ingeniería”.

<sup>37</sup> Ing. Giovanni Masías, Mantenimiento UNI

<sup>38</sup> Impuestos

<sup>39</sup> Báez Cortez. Julio, Todo sobre Impuestos en Nicaragua, séptima edición.

respectivo crédito (la exención) contra impuesto por los bienes inmuebles que posean y que estén relacionados exclusivamente con sus fines<sup>40</sup>.

Con el objetivo de que el ministerio de Hacienda y Crédito Público devuelva el IVA pagado en la adquisición local de bienes y servicios por las universidades, se debe cumplir el procedimiento y requisito siguiente<sup>41</sup>.

1. Presentar mensualmente en la Dirección General de Ingresos (DGI), solicitud de devolución, debiendo acompañar original y fotocopia de las facturas y listados de las mismas, en el cual, se consignará la fecha, número de factura, nombre y número RUC (Registro Único del Contribuyente) del proveedor, valor de la compra y monto del IVA pagado.
2. La DGI, revisará si las facturas cumplen los requisitos fiscales y si los cálculos del IVA reflejado en la factura están correctos, una vez comprobado el derecho del beneficiario remitirá solicitud a la Tesorería General de la República (TGR) con copia al interesado.
3. La TGR emitirá el cheque respectivo dentro de un plazo no mayor de 30 días hábiles para su retiro a través del apoderado.
4. La solicitud deberá cumplir los siguientes requisitos: solicitud deberá ir firmada y sellada por el representante legal, fotocopia del número RUC, poder general de administración y los demás que señale la DGI.

---

<sup>40</sup> Arto. 6 Decreto Número 3-95

<sup>41</sup> Reglamento de la ley de equidad fiscal artículo 97

# **CAPITULO IV**

## **ESTUDIO ECONOMICO**



Para la realización de este proyecto se pretende llevar a cabo un estudio económico tanto del método actual de secado como al implementarse una nueva tecnología en él.

## 1. Método de Secado actual – Secado a la intemperie

### 1.1 Costos Operativos

#### 1.1.1 Costo de Materia Prima

La cantidad (En Pie tablar) de cada especie para los correspondientes años se reflejan a continuación, cabe señalar que el porcentaje de crecimiento de la madera es de 30% para cada año:

	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Cedro Macho</i>	6,473.49	8,415.54	10,940.21	14,222.27	18,488.95
<i>Almendro</i>	5.19	6.75	8.78	11.41	14.84
<i>Guanacaste</i>	241.18	313.54	407.60	529.88	688.84
<i>Pino Caribbean</i>	210.09	273.12	355.06	461.57	600.04
<i>Pino Radiata</i>	1,744.93	2,268.40	2,948.92	3,833.60	4,983.68
<i>Níspero</i>	83.13	108.07	140.50	182.65	237.44
<i>Teka</i>	1,823.06	2,369.97	3,080.97	4,005.25	5,206.83
<i>Nancitón</i>	5,304.87	6,896.33	8,965.23	11,654.80	15,151.24
<b>Total</b>	<b>15,885.95</b>	<b>20,651.74</b>	<b>26,847.26</b>	<b>34,901.43</b>	<b>45,371.86</b>

Tabla 20 Cantidad de materia prima

El costo por pie tablar (en córdobas) para cada especie de madera es:

<b>Cedro Macho</b>	<b>Almendro</b>	<b>Guanacaste</b>	<b>P. Caribbean</b>	<b>P. Radiata</b>	<b>Níspero</b>	<b>Teka</b>	<b>Nancitón</b>
6.95	20.52	5.18	4.75	4.75	5.18	36.0	3.7

Tabla 21 Costo de pie tablar por especie

A continuación, se muestra el costo anual (En córdobas) de cada especie:

<b>Madera</b>	<b>Año</b>				
	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
<i>Cedro Macho</i>	44,990.79	58,488.03	76,034.43	98,844.77	128,498.20
<i>Almendro</i>	106.60	138.58	180.15	234.19	304.45
<i>Guanacaste</i>	1,249.33	1,624.13	2,111.37	2,744.78	3,568.21
<i>Pino Caribbean</i>	997.94	1,297.32	1,686.52	2,192.47	2,850.21
<i>Pino Radiata</i>	8,288.39	10,774.91	14,007.39	18,209.60	23,672.48
<i>Níspero</i>	430.64	559.83	727.78	946.11	1,229.94
<i>Teka</i>	65,666.49	85,366.43	110,976.36	144,269.27	187,550.06
<i>Nancitón</i>	19,628.02	25,516.42	33,171.35	43,122.75	56,059.58
<b>TOTAL</b>	<b>141,358.2</b>	<b>183,765.7</b>	<b>238,895.4</b>	<b>310,563.9</b>	<b>403,733.1</b>

Tabla 22 Cantidad de materia prima

El costo de materia prima no se tomará en cuenta en esta evaluación dado que se considera irrelevante ya que es el mismo en ambos escenarios, es decir, se implemente o no la tecnología.

### 1.1.2 Costo de Mano de Obra

Según el código del trabajo nicaragüense, los beneficios sociales adicionales al salario bruto que el empleador está comprometido a pagar a sus empleados son los siguientes:

<b>Costos para el empleador</b>	<b>Porcentaje del ingreso ordinario bruto</b>
<i>Vacaciones</i>	8.33%
<i>Aguinaldo (13vo mes)</i>	8.33%
<i>Indemnización por despido</i>	8.33%
<i>Seguro Social año 2017</i>	19%
<i>INATEC</i>	2%
<b>Total</b>	<b>45.99%</b>

Tabla 23 Porcentaje de prestaciones legales

Cabe destacar que el salario mensual neto que se le paga al trabajador en estudio es de C\$7,000 por lo tanto se procede a calcular lo que el PIMA tendrá que pagarle tomando en cuenta las prestaciones legales:

Cargo	Salario Mensual neto	Viático	Prestaciones Legales					Salario Mensual bruto
			Vacaciones	13vo mes	Indem.	INSS	INATEC	
Tecnico Productivo	C\$7,000	C\$250	C\$583.1	C\$583.1	C\$583.1	C\$1,330	C\$140	C\$10,469.3

Tabla 24 Salario neto y bruto mensual

\*Viático referido a transporte.

En este método de secado la cuadrilla no se contrata para la tarea de apilado de madera puesto que en el contrato con el proveedor está establecido que el ubicará la madera en el área que se le indique, pero si se solicita (Cuadrilla) para ubicarla en lugares próximos al área de producción de manera que los técnicos productivos no tengan que recorrer mucha distancia para empezar a fabricar los muebles.

Cargo	Salario Bruto Mensual	Total – Anual 2017
Técnico de Secado	C\$10,469.3	C\$125,631.6
Cuadrilla (2 operarios*)	C\$1,000	C\$12,000
<b>Total</b>	<b>C\$11,469.3</b>	<b>C\$137,631.6</b>

Tabla 25 Costo de mano de obra anual – secado a la intemperie

\*Los operarios de cuadrilla se les pagará por día trabajado y no en base a un contrato.

A continuación, se muestran los días laborados por año (lunes a sábado):

2018	2019	2020	2021	2022
301	301	302	301	301

Tabla 26 Días laborados por año

Se proyectó el salario anual del trabajador para el periodo de evaluación con una regresión lineal que nos permite aproximarnos al porcentaje de crecimiento que tendrá a lo largo del tiempo (Ver Anexo 12 y 13); por lo tanto, el costo de mano de obra se detalla a continuación:

	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Costo de MOD anual</i>	C\$ 131,848.85	C\$ 143,308.18	C\$ 156,060.10	C\$ 170,239.60	C\$ 186,060.98
<i>Días laborales</i>	301	301	302	301	301
<i>Costo de MOD por día</i>	C\$438.04	C\$476.11	C\$516.76	C\$565.58	C\$618.14

Tabla 27 Costo de MOD al día por año

<b>Cargo</b>	<b>Total Anual</b>				
	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Técnico Productivo</i>	C\$131,848.9	C\$143,308.2	C\$156,060.1	C\$170,239.6	C\$186,060.9
<i>Cuadrilla (2 Operarios)</i>	C\$13,200.00	C\$14,400.00	C\$15,600.00	C\$16,800.0	C\$18,000.00
<b>Total</b>	C\$145,048.9	C\$157,708.2	C\$171,660.1	C\$187,039.6	C\$204,060.9

Tabla 28 Cuadro resumen - Costos MOD

### 1.1.3 Depreciación

No se tomará en cuenta la depreciación a la hora de evaluar financieramente el proyecto puesto que una de su principal función es el de reducir impuestos a pagar reflejando la pérdida de valor de los activos, pero el Programa está exento del pago de los mismos por lo que se considera irrelevante (Ver art. 32 – Ley N°822: Ley de Concertación tributaria).

### 1.1.4 Energía Eléctrica

Se incurrirán en estos costos en concepto de control de temperatura, equipos de cómputo e iluminación. Cabe señalar que estos costos son igual a C\$0.00 puesto que:

- El control de temperatura en el área de secado de materia prima es C\$0.00 ya que todo se encuentra a la intemperie por lo tanto no se controla dicho factor.
- El área de secado actualmente no cuenta con un equipo de cómputo.
- En el PIMA solamente se trabaja de día y la madera se encuentra al aire libre, por lo que no se incurre en costos de iluminación.

### 1.1.5 Mantenimiento

Actualmente no se realiza ningún tipo de mantenimiento en el área de secado puesto que no se utiliza ningún tipo de maquinaria dentro del proceso.

## 1.2 Gastos Administrativos

### 1.2.1 Papelería

La papelería y materiales utilizados para el control del secado de madera se detallan a continuación:

<i>Descripción</i>	<b>Precio</b>	<b>Cantidad anual</b>	<b>Costo Anual</b>
<i>Resma de Papel</i>	C\$222.00	50/500	C\$22.20
<i>Engrapadora</i>	C\$140.05	1	C\$140.05
<i>Perforadora</i>	C\$45.00	1	C\$45.00
<i>Caja de Fastener</i>	C\$32.33	1	C\$32.33
<i>Cartucho de tinta</i>	C\$1,000.00	50/4000	C\$12.50
<i>Caja de folder</i>	C\$220.00	1	C\$220.00
<i>Lapiceros</i>	C\$4.50	7	C\$31.50
<b>Total</b>			<b>C\$503.58</b>

Tabla 29 Costo de Papelería

El costo de papelería no se tomará en cuenta en esta evaluación dado que se considera irrelevante ya que el costo es el mismo en ambos escenarios, es decir, se implemente o no el proyecto propuesto.

### 1.2.2 Vigilancia

Actualmente no existen gastos en concepto de vigilancia (C\$0.00). Cabe señalar que el programa es vigilado por la seguridad que contrata la Universidad por lo que no se desembolsa en concepto de dicho servicio.

## 2. Método de Secado – Horno Solar

### 2.1 Inversión

La inversión reflejada, comprende la adquisición de todos los activos fijos y diferidos necesarios para iniciar operaciones con una nueva tecnología en el proceso de secado de la madera.

#### 2.1.1 Inversión Fija

Es la inversión en activos físicos tales como maquinaria, edificios, instalaciones, vehículos o tecnología. A continuación, se detallan los diversos activos con sus montos e inversiones respectivas:

<b>Contenido</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
<i>Equipo (Carretilla para pallet)</i>	1	C\$14,544.62	C\$14,544.62
<i>Horno</i>	1	C\$277,859.01	C\$277,859.01
<b>Total</b>			<b>C\$292,403.63</b>

Tabla 30 Inversión Fija

#### 2.1.2 Inversión Diferida

Es aquella que se realiza sobre la compra de servicios o derechos que son necesarios para la puesta en marcha del proyecto. No se considerará para este proyecto el egreso en concepto de prueba, instalación y puesta en marcha puesto que el monto será proporcionado en su totalidad por la Vice-Rectoría de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Universidad Nacional de Ingeniería a su vez, la misma (UNI) está exenta de pago de impuestos.

### 2.1.3 Capital de Trabajo

No se requiere de capital de trabajo ya que la Universidad Nacional de Ingeniería correrá con los gastos a corto plazo (menor un año) evitando así la liquidez del Programa. Por ende, el capital de trabajo se tomará como C\$0.

Concepto	Montos C\$
Inversión del capital de trabajo	C\$0.00

Tabla 31 Capital de trabajo

### 2.1.4 Inversión Total

Inversión Total Final	
Inversión Fija	C\$292,403.63
Inversión Diferida	C\$0.00
Capital de Trabajo	C\$0.00
<b>Inversión Total</b>	<b>C\$292,403.63</b>

Tabla 32 Inversión Total

## 2.2 Costos Operativos

### 2.2.1 Costo de Materia Prima

La cantidad en pie tablar de cada especie para los correspondientes años se refleja a continuación, cabe señalar que el porcentaje de crecimiento de la madera es de 30% para cada año:



	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Cedro Macho</i>	6,473.49	8,415.54	10,940.21	14,222.27	18,488.95
<i>Almendro</i>	5.19	6.75	8.78	11.41	14.84
<i>Guanacaste</i>	241.18	313.54	407.60	529.88	688.84
<i>Pino Caribbean</i>	210.09	273.12	355.06	461.57	600.04
<i>Pino Radiata</i>	1,744.93	2,268.40	2,948.92	3,833.60	4,983.68
<i>Níspero</i>	83.13	108.07	140.50	182.65	237.44
<i>Teka</i>	1,823.06	2,369.97	3,080.97	4,005.25	5,206.83
<i>Nancitón</i>	5,304.87	6,896.33	8,965.23	11,654.80	15,151.24
<b>Total</b>	<b>15,885.95</b>	<b>20,651.74</b>	<b>26,847.26</b>	<b>34,901.43</b>	<b>45,371.86</b>

Tabla 33 Cantidad de materia prima

El costo por pie tablar (en córdobas) para cada especie de madera es:

<b>Cedro Macho</b>	<b>Almendro</b>	<b>Guanacaste</b>	<b>P. Caribbean</b>	<b>P. Radiata</b>	<b>Níspero</b>	<b>Teka</b>	<b>Nancitón</b>
6.95	20.52	5.18	4.75	4.75	5.18	36.0	3.7

Tabla 34 Costo pie tablar por especie

A continuación, se muestra el costo anual (En córdobas) de cada especie:

<b>Madera</b>	<b>Año</b>				
	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Cedro Macho</i>	44,990.79	58,488.03	76,034.43	98,844.77	128,498.20
<i>Almendro</i>	106.60	138.58	180.15	234.19	304.45
<i>Guanacaste</i>	1,249.33	1,624.13	2,111.37	2,744.78	3,568.21
<i>Pino Caribbean</i>	997.94	1,297.32	1,686.52	2,192.47	2,850.21
<i>Pino Radiata</i>	8,288.39	10,774.91	14,007.39	18,209.60	23,672.48
<i>Níspero</i>	430.64	559.83	727.78	946.11	1,229.94
<i>Teka</i>	65,666.49	85,366.43	110,976.36	144,269.27	187,550.06
<i>Nancitón</i>	19,628.02	25,516.42	33,171.35	43,122.75	56,059.58
<b>TOTAL</b>	<b>141,358.2</b>	<b>183,765.7</b>	<b>238,895.4</b>	<b>310,563.9</b>	<b>403,733.1</b>

Tabla 35 Costo de materia prima

El costo de materia prima no se tomará en cuenta en esta evaluación dado que se considera irrelevante ya que el costo es el mismo en ambos escenarios, es decir, se implemente o no la tecnología.

## 2.2.2 Costo de Mano de Obra

Según el código del trabajo nicaragüense, los beneficios sociales adicionales al salario bruto que el empleador está comprometido a pagar a sus empleados son los siguientes:

Costos para el empleador	Porcentaje del ingreso ordinario bruto
Vacaciones	8.33%
Aguinaldo (13vo mes)	8.33%
Indemnización por despido	8.33%
Seguro Social año 2017	19%
INATEC	2%
<b>Total</b>	<b>45.99%</b>

Tabla 36 Prestaciones Legales

Cabe destacar que el salario mensual neto que se le paga al trabajador en estudio es de C\$7,000 por lo tanto se procede a calcular lo que el PIMA tendrá que pagarle tomando en cuenta las prestaciones legales:

Cargo	Salario Mensual neto	Viático	Prestaciones Legales					Salario Mensual bruto
			Vacaciones	13vo mes	Indem.	INSS	INATEC	
Tecnico Productivo	C\$7,000	C\$250	C\$583.1	C\$583.1	C\$583.1	C\$1,330	C\$140	C\$10,469.3

Tabla 37 Salario neto y bruto mensual

\*Viático referido a transporte.

Para llevar a cabo este método de secado se necesita contratar una cuadrilla de 2 operarios para realizar el apilado de madera para así posteriormente cargar el horno con la madera ya apilada y luego del secado descargar dicha madera para su procesamiento.

<b>Cargo</b>	<b>Salario Bruto Mensual</b>	<b>Total – Anual 2017</b>
<i>Técnico Productivo</i>	C\$10,469.3	<b>C\$125,631.6</b>
<i>Cuadrilla (2 operarios*)</i>	C\$1,000	<b>C\$12,000</b>
<b>Total</b>	C\$11,469.3	<b>C\$137,631.6</b>

Tabla 38 Costo de mano de obra anual – secado al horno

\*Los operarios de cuadrilla se les pagará por día trabajado y no en base a un contrato.

A continuación, se muestran los días laborados por año (lunes a sábado):

<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
301	301	302	301	301

Tabla 39 Días laborados por año

Se proyectó el salario anual del trabajador para el periodo de evaluación con una regresión lineal que nos permite aproximarnos al porcentaje de crecimiento que tendrá a lo largo del tiempo (Ver Anexos); Por lo tanto, el costo de mano de obra se detalla a continuación tomando en cuenta lo siguiente:

El Horno Solar cuenta con un sistema de automatización, esto nos reduce casi en su totalidad la intervención humana durante el proceso de secado, a simplemente cargar el horno de madera húmeda y sustraer la madera seca.

La persona que actualmente labora en las instalaciones del Programa Institucional de la Madera es capaz de asumir el rol de las actividades referentes al secado de madera utilizando el horno solar, siendo las mismas sustitutas de las labores anteriores en el proceso de secado al aire libre. Por dichas razones el costo de Personal adicional para el secado de madera en el horno solar es nulo<sup>42</sup>.

	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Costo de MOD por día</i>	C\$ 438.04	C\$ 476.11	C\$ 516.76	C\$ 565.58	C\$ 618.14
<i>Días laborales</i>	9	11	15	18	21
<i>Costo de MOD anual</i>	C\$ 3,942.36	C\$ 5,237.21	C\$ 7,751.4	C\$ 10,180.44	C\$ 12,980.94

Tabla 40 Costo de MOD al día por año

<b>Cargo</b>	<b>Total Anual</b>				
	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Técnico Productivo</i>	C\$3,942.36	C\$5,237.21	C\$7,751.4	C\$10,180.44	C\$12,980.94
<i>Cuadrilla (2 Operarios)</i>	C\$13,200.00	C\$14,400.00	C\$15,600.00	C\$16,800.0	C\$18,000.00
<b>Total</b>	C\$17,142.36	C\$19,637.21	C\$23,351.4	C\$26,980.44	C\$30,980.94

Tabla 41 Cuadro resumen - Costos MOD por año

### 2.2.3 Depreciación

No se tomará en cuenta la depreciación a la hora de evaluar financieramente el proyecto puesto que una de su principal función es el de reducir impuestos a

<sup>42</sup> Eddy Bismarck Guevara Hernández, J. J. (2016). *Diseño y construcción de un horno solar para secado de madera dirigido a pequeñas y medianas empresas pertenecientes al sector de la madera en Nicaragua*. Managua.

pagar reflejando la pérdida de valor de los activos, pero el Programa está exento del pago de los mismos por lo que se considera irrelevante.

### 2.2.4 Energía Eléctrica

La tecnología utilizada por el Horno Solar requiere el uso de la energía solar térmica para su funcionamiento, reduciendo el consumo de energía eléctrica solamente al demandado por los ventiladores

La demanda de potencia eléctrica de parte de cada ventilador es de 15W, se tienen dos ventiladores en el horno solar, con una demanda total de 30W, su equivalente a 0.03 KW<sup>43</sup>.

Estimando un promedio de operación de los ventiladores del horno solar se tiene que trabajan 8 horas/día por 30 días/mes. Teniendo un total de 240h/mes.

$$\text{Demanda Energetica Mensual} = (\text{Demanda electrica}) \times (\text{Horas /mes}).$$

$$\text{Demanda Energetica Mensual} = (0.03W) \times (240\text{Horas /mes}).$$

$$\text{Demanda Energetica Mensual} = (7.2\text{kWh/mes}).^{44}$$

El costo en córdobas sería el siguiente:

$$\text{Costo Energetico Mensual} = (\text{Costo de Kwh}) \times (\text{Demanda de Kwh/mes})$$

$$\text{Costo Energetico Mensual} = (5.5432\text{C\$/Kwh}) \times (7.2 \text{ Kwh/m}) = \text{C\$}39.9096/\text{mes}$$

$$\text{Costo Energetico Anual} = 478.91 \text{ C\$ año.}$$

<sup>43</sup> Eddy Bismarck Guevara Hernández, J. J. (2016). *Diseño y construcción de un horno solar para secado de madera dirigido a pequeñas y medianas empresas pertenecientes al sector de la madera en Nicaragua*. Managua.

<sup>44</sup> Eddy Bismarck Guevara Hernández, J. J. (2016). *Diseño y construcción de un horno solar para secado de madera dirigido a pequeñas y medianas empresas pertenecientes al sector de la madera en Nicaragua*. Managua.

Se incurrirán en estos costos en concepto de equipos de cómputo. La computadora de escritorio se usará las 8 horas del día los 24 días hábiles del mes. Aproximadamente este equipo se usará 192 horas/mes consumiendo un total de 126.96 Kwh<sup>45</sup>. La tarifa por Kwh es de \$0.2991 por Kwh. Por ende, el costo de energía eléctrica se calcula a continuación:

$$\text{Costo de E. E} = 126.96 \text{ Kwh/mes} * (\$0.2991/\text{Kwh}) * (\text{C}\$30.37/\$) =$$

$$\text{C}\$1,153.26/\text{mes}$$

El costo de energía eléctrica no se tomará en cuenta en esta evaluación dado que se considera irrelevante ya que el costo no es asumido por el Programa Institucional de la Madera.

### 2.2.5 Mantenimiento

El costo de mantenimiento referido al área de secado se detalla a continuación:

<i>Descripción</i>	<i>Causa</i>	<i>Efecto</i>	<i>Frecuencia Anual</i>	<i>Costo Anual (C\$)</i>
<i>Pintado de paredes interiores</i>	Ácidos liberados por la madera	Corrosión en las paredes internas, perdida de calor dentro de la cámara	2 veces	1,051.75
<i>Pintado de paredes externas</i>	Condiciones ambientales y externas	Corrosión de las paredes externas, oxidación de la fibra de vidrio interna	1 vez	525.87
<i>Aplicación de Silicona en Techo</i>	Condiciones ambientales y externas	Filtración de agua de lluvia en el techo, desprendimiento del sellador	2 veces	253

<sup>45</sup> Tabla de capacidades de consumos promedios de equipos eléctricos. INE

<i>Pintado del Colector</i>	Radiación solar y ácidos liberados por la madera	Decoloración del colector, pérdida de eficiencia del horno	2 veces	262.93
<i>Limpieza y lubricación de ventiladores</i>	Fatiga y contaminación externa	Disminución del flujo de aire entrante y eleva el consumo de energía	9 veces	25
<i>Limpieza y lubricación de carretilla para pallet</i>	Fatiga y contaminación externa	Oxidación y mal funcionamiento	6 veces	25
<b>Costo Total de Mantenimiento Anual</b>				<b>2,143.55</b>

Tabla 42 Costos de Mantenimiento Anual

## 2.3 Gastos Administrativos

### 2.3.1 Papelería

La papelería y materiales utilizados para el control del secado de madera se detallan a continuación:

<i>Descripción</i>	<i>Precio</i>	<i>Cantidad anual</i>	<i>Costo Anual</i>
<i>Resma de Papel</i>	C\$222.00	50/500	C\$22.20
<i>Engrapadora</i>	C\$140.05	1	C\$140.05
<i>Perforadora</i>	C\$45.00	1	C\$45.00
<i>Caja de Fastener</i>	C\$32.33	1	C\$32.33
<i>Cartucho de tinta</i>	C\$1,000.00	50/4000	C\$12.50
<i>Caja de folder</i>	C\$220.00	1	C\$220.00
<i>Lapiceros</i>	C\$4.50	7	C\$31.50
<b>Total</b>			<b>C\$503.58</b>

Tabla 43 Gastos de Papelería

El costo de papelería no se tomará en cuenta en esta evaluación dado que se considera irrelevante ya que el costo es el mismo en ambos escenarios, es decir, se implemente o no la tecnología.

### 2.3.2 Vigilancia

Actualmente no existen gastos en concepto de vigilancia (C\$0.00). Cabe señalar que el programa es vigilado por la seguridad que contrata la Universidad por lo que no se desembolsa en concepto de dicho servicio.

## 8. Costos asociados a subcontratar el Secado de madera en Horno Solar

Se cotizó el costo por el servicio de secado a la empresa “Maderas Don Bosco” ubicada en Km 35 ½ Carretera Masaya – Granada, Nicaragua siendo este de \$0.30 \* Pie tablar + IVA (\$0.345 \* Pie Tablar). Dicho esto, el costo (en córdobas) que el PIMA tiene que desembolsar para secar la madera correspondiente en el periodo de evaluación se detalla a continuación: (\$0.345=C\$10.48)

<b>Madera</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
<i>Cedro Macho</i>	C\$67,842.23	C\$88,194.90	C\$114,653.36	C\$149,049.37	C\$193,764.2
<i>Almendro</i>	C\$54.44	C\$70.77	C\$92.01	C\$119.61	C\$155.49
<i>Guanacaste</i>	C\$2,527.60	C\$3,285.88	C\$4,271.65	C\$5,553.14	C\$7,219.09
<i>Pino Caribbean</i>	C\$2,201.77	C\$2,862.30	C\$3,720.99	C\$4,837.28	C\$6,288.47
<i>Pino Radiata</i>	C\$18,286.81	C\$23,772.86	C\$30,904.72	C\$40,176.13	C\$52,228.97
<i>Níspero</i>	C\$871.25	C\$1,132.63	C\$1,472.41	C\$1,914.14	C\$2,488.38
<i>Teka</i>	C\$19,105.63	C\$24,837.32	C\$32,288.51	C\$41,975.07	C\$54,567.59
<i>Nancitón</i>	C\$55,595.03	C\$72,273.54	C\$93,955.61	C\$122,142.29	C\$158,784.9
<b>Total</b>	<b>C\$166,484.76</b>	<b>C\$216,433.2</b>	<b>C\$281,358.66</b>	<b>C\$365,767.03</b>	<b>C\$475,497.09</b>

Tabla 44 Costos asociados a subcontratar el Secado de madera



Cabe señalar que dicho servicio no incluye el transporte de madera, por lo tanto, el PIMA se tiene que hacer cargo de trasladar la madera en todo momento. A su vez se tiene que realizar el pedido mínimo de 3 a 4 meses de antelación.

## 9. Ahorro

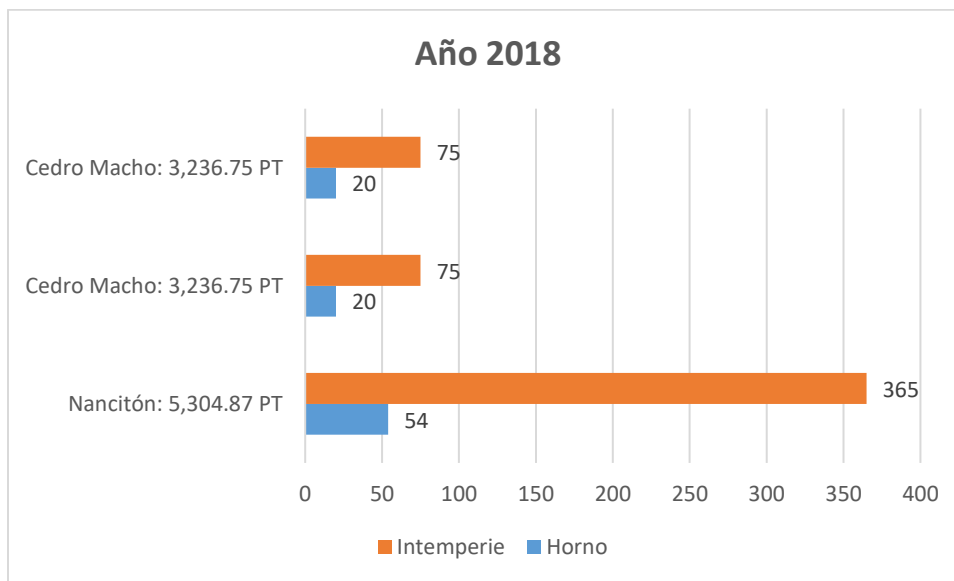
### 9.1 Tiempos de Secado

Actualmente con el método de secado a la intemperie no se cuenta con una capacidad establecida, sino que los distintos tipos de madera se apilan y secan dentro del terreno asignado al PIMA. Es por esta razón que no se trabaja por turnos y no hay roles de espera. Por lo contrario, el horno solar tiene una capacidad de 5,475.1859 Pie Tablar por ende se tendrá que secar la madera por turnos. Cabe destacar que para hacer uso del horno se requiere que la cantidad de madera a secar sea del 50% o más de la capacidad del mismo. Las únicas especies de madera que cumplen con esta política son el Cedro Nacho y Nancitón para los 5 años de evaluación y Pino Radiata y Teka para los tres últimos. (Vea Tabla 35).

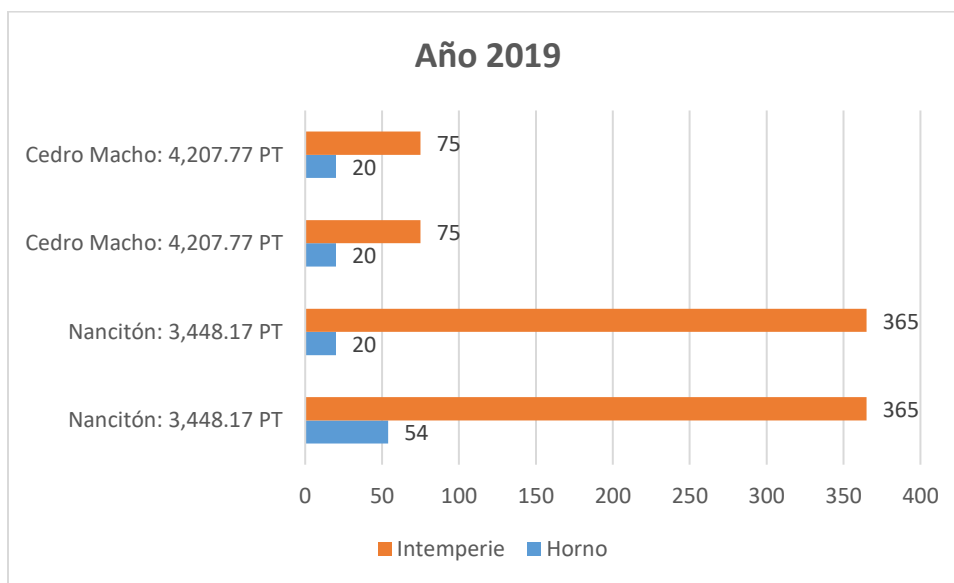
<i><b>Tipo de madera</b></i>	<b>Especie</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
<i>Blanda</i>	Cedro Macho	6,473.49	8,415.54	10,940.20	14,222.27	18,488.95
	Pino Radiata	-	-	2,948.92	3,833.60	4,983.68
<i>Dura</i>	Nancitón	5,304.87	6,896.33	8,965.23	11,654.80	5,206.83
	Teka	-	-	3,080.66	4,005.25	15,151.24
<i><b>Total</b></i>	-	<b>11,778.36</b>	<b>15,311.87</b>	<b>25,935.32</b>	<b>33,715.92</b>	<b>43,830.70</b>

Tabla 45 Cantidad de Especies de madera (en pie tablar) a evaluar

En la siguiente gráfica se puede apreciar la cantidad de días requeridos para secar las maderas mencionadas anteriormente mediante ambos métodos (a la intemperie y horno solar).



*Ilustración 16 Días requeridos para secado - Año 2018*



*Ilustración 17 Días requeridos para secado - Año 2019*

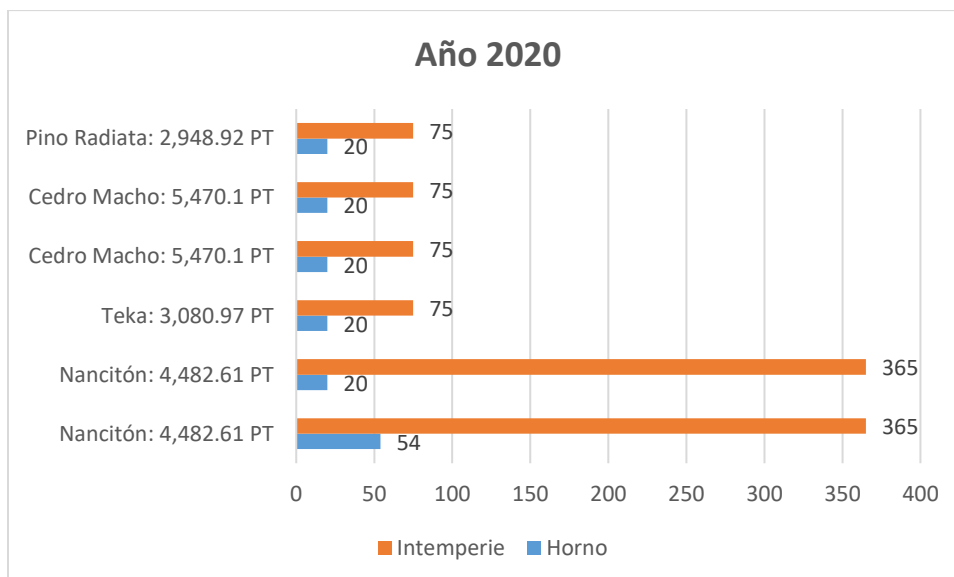


Ilustración 18 Días requeridos para secado - Año 2020

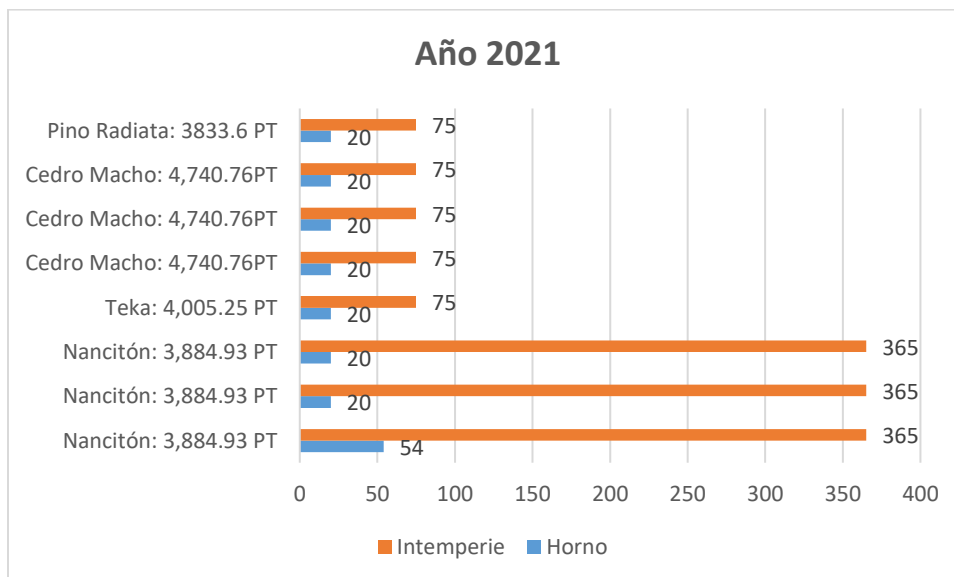
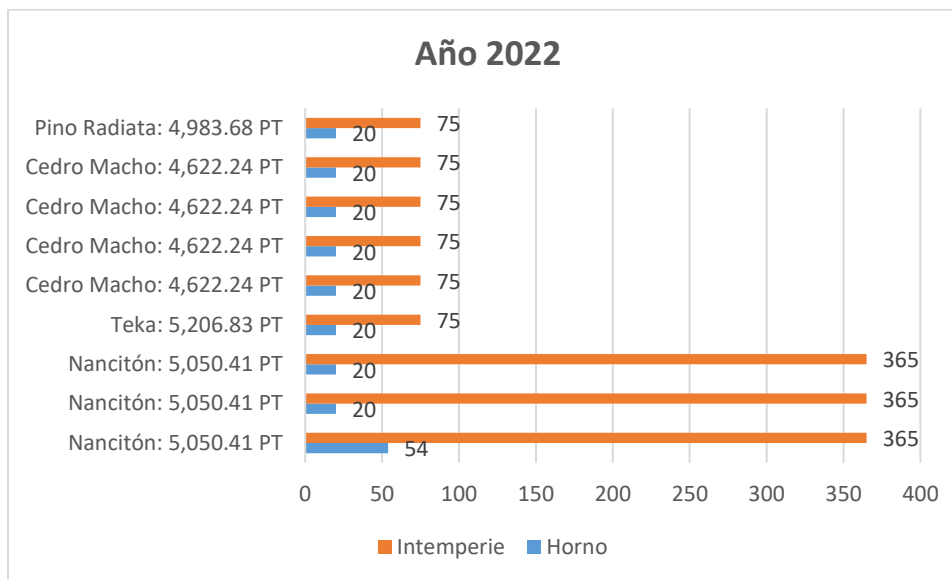


Ilustración 19 Días requeridos para secado - Año 2021



*Ilustración 20 Días requeridos para secado - Año 2022*

Dado esto, se detalla una tabla resumen de la cantidad de días requeridos para secado y el ahorro obtenido con la implementación del horno:

<b>Año</b>	<b>Días de secado a la Intemperie</b>	<b>Días de secado en Horno</b>	<b>Ahorro (Días)</b>
<b>2018</b>	365	94	271
<b>2019</b>	365	114	251
<b>2020</b>	365	154	211
<b>2021</b>	365	194	171
<b>2022</b>	365	214	151
<b>Total</b>			<b>1,055</b>

*Tabla 46 Ahorro en periodo de evaluación*

Se procede a calcular la magnitud monetaria en ambos escenarios, para ello se tomarán en cuenta los costos que se consideraron relevantes (Mano de obra y Mantenimiento):

**Costo de Secado = Costo de Mano de Obra + Costo de Mantenimiento**

**Costos de Secado a la Intemperie**

	2018	2019	2020	2021	2022
Costos MOD	C\$145,048.9	C\$157,708.2	C\$171,660.1	C\$187,039.6	C\$204,060.9
Costo de Mantenimiento	C\$0.00	C\$0.00	C\$0.00	C\$0.00	C\$0.00
<b>Total</b>	<b>C\$145,048.9</b>	<b>C\$157,708.2</b>	<b>C\$171,660.1</b>	<b>C\$187,039.6</b>	<b>C\$204,060.9</b>

Tabla 47 Costos de Secado a la Intemperie

**Costos de Secado al Horno**

	2018	2019	2020	2021	2022
Costos MOD	C\$17,142.36	C\$19,637.21	C\$23,351.4	C\$26,980.44	C\$30,980.94
Costo de Mantenimiento	C\$ 2,143.55	C\$ 2,143.55	C\$ 2,143.55	C\$ 2,143.55	C\$ 2,143.55
<b>Total</b>	<b>C\$19,285.91</b>	<b>C\$21,780.76</b>	<b>C\$25,494.95</b>	<b>C\$29,123.99</b>	<b>C\$33,124.49</b>

Tabla 48 Costos de Secado al Horno

## 9.2 Servicio de Secado

De no implementar el PIMA la tecnología en su proceso, tendrá que pagar por el servicio de secado la siguiente cantidad:

<b>Tipo de Madera</b>	2018	2019	2020	2021	2022
Cedro Macho	C\$67,842	C\$88,194.87	C\$114,653.3	C\$149,049.37	C\$193,764.18
Pino Radiata	C\$0.00	C\$0.00	C\$30,904.72	C\$40,176.13	C\$52,228.97
Teka	C\$0.00	C\$0.00	C\$32,288.51	C\$41,975.07	C\$54,567.59
Nancitóng	C\$55,595.05	C\$72,273.56	C\$93,955.63	C\$122,142.3	C\$158,784.97
<b>Total</b>	<b>C\$123,437.1</b>	<b>C\$160,468.4</b>	<b>C\$271,802.2</b>	<b>C\$353,342.9</b>	<b>C\$459,345.7</b>

Tabla 49 Ahorro - Servicio de Secado

### 9.3 Ahorro anual (Secado a la intemperie vs Horno solar y Servicio de secado)

Haciendo la comparación de los costos anuales de posibles escenarios se puede percibir el siguiente ahorro (mano de obra):

<b>Año</b>	<b>Intemperie</b>	<b>Horno solar</b>	<b>Servicio de secado</b>
2018	C\$145,048.90	C\$19,285.91	C\$123,437.05
2019	C\$157,708.20	C\$21,780.76	C\$160,468.43
2020	C\$171,660.10	C\$25,494.95	C\$271,802.16
2021	C\$187,039.60	C\$29,123.99	C\$353,342.87
2022	C\$204,060.90	C\$33,124.49	C\$459,345.71

Tabla 50 Costo anual – 3 tipos de secado

<b>Ahorro (Horno vs Intemperie)</b>	<b>Ahorro (Servicio vs Intemperie)</b>
C\$125,762.99	C\$21,611.85
C\$135,927.44	(C\$2,760.23)
C\$146,165.15	(C\$100,142.16)
C\$157,915.61	(C\$166,303.27)
C\$170,936.41	(C\$255,284.81)

Tabla 51 Ahorro anual en secado

## 10. Flujo de Efectivo

### 10.1 Secado a la Intemperie

Dada la tabla 48, se procede a elaborar el diagrama de flujo neto de efectivo, dando como resultado el que se detalla a continuación:

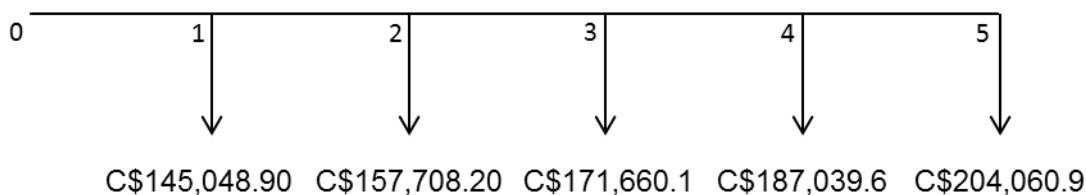


Ilustración 21 Diagrama FNE Secado a la Intemperie

### 10.2 Secado en Horno Solar

Dada la tabla 49, se realiza el diagrama de flujo neto de efectivo tomando en cuenta la inversión en el año 2017:

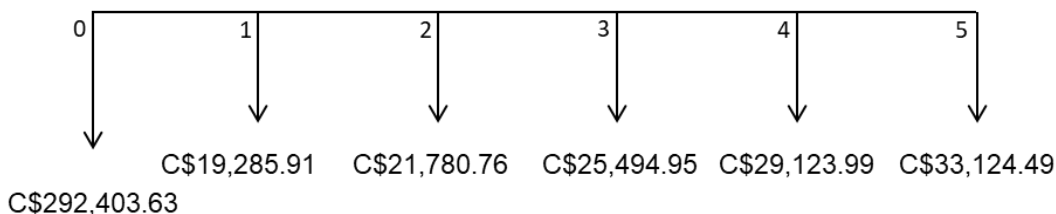


Ilustración 22 Diagrama FNE - Secado al horno

El ahorro según la alternativa anteriormente mencionada se detalla en la siguiente tabla:

	2018	2019	2020	2021	2022
Costos Operativos	C\$125,762.99	C\$135,927.44	C\$146,165.15	C\$157,915.61	C\$170,936.41

Tabla 52 Ahorro

Dada la tabla 528, se procede a elaborar el diagrama de flujo neto de efectivo ya con el ahorro cuantificado referente a costos operativos (Costos de Secado a la Intemperie – Costos de Secado en Horno Solar), dando como resultado el que se detalla a continuación:

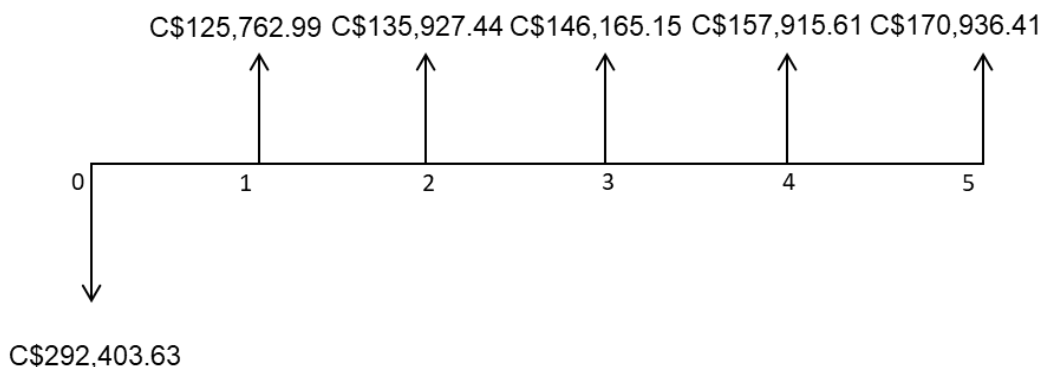


Ilustración 23 FNE - Ahorro en Costos Operativos

Dada la tabla 51, se procede a elaborar el diagrama de flujo neto de efectivo ya con el ahorro cuantificado referente al pago por servicio de secado (Costos de Secado a la Intemperie – Costos de Servicio de Secado), dando como resultado el que se detalla a continuación:

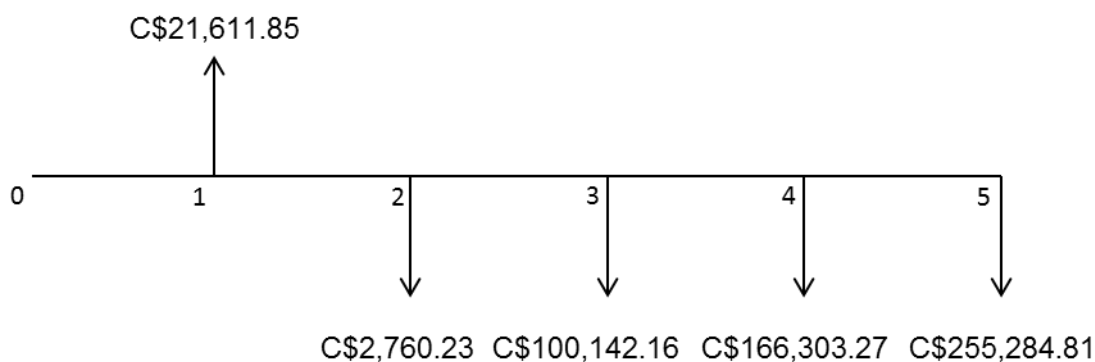


Ilustración 24 FNE - Ahorro en Servicio de Secado



Se puede apreciar que en el primer año se ahorra dinero tercerizando el servicio, sin embargo, los últimos 4 años representaría una pérdida considerable para el PIMA adquirir dicho servicio.

# CAPITULO V

## EVALUACIÓN FINANCIERA

## 1. Determinación de la Tasa Mínima de Rendimiento (TMAR)

Para la realización de este proyecto no se dispondrá de ningún préstamo por parte de alguna institución financiera; sin embargo, a como se mencionó en el capítulo anterior, se contará con C\$292,403.63, que serán proporcionados por la Vice-Rectoría de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Universidad Nacional de Ingeniería, como una Beca; destinados principalmente para la adquisición de los materiales de construcción de esta obra. Por lo que para la determinación de la Tasa Mínima de Rendimiento (TMAR) a utilizar, se tomará el premio al riesgo para el sector industrial madera del país.

*TMAR*

**5%**<sup>46</sup>

*Tabla 53 TMAR*

A como se logra observar la Tasa Mínima de Rendimiento (TMAR) propuesta es del 5%, la cual determinará los cálculos de los indicadores de rentabilidad del proyecto de inversión; y estos son: El valor presente neto, la tasa interna de retorno, el plazo de recuperación, el índice de rentabilidad y el análisis de sensibilidad.

<sup>46</sup> Navarro Zeledón, M. (n.d.). Métodos de evaluación de proyectos. *UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA*. Esteli, Nicaragua.

## 1.1 Método de Secado Propuesto (Horno Solar)

### 1.1.1 Valor Presente Neto (VPN)

Aplicando el mismo procedimiento del método de secado anterior, se tiene que:

$$VPN = -C\$292,403.63 + \frac{C\$125,762.99}{(1 + 0.05)^1} + \frac{C\$135,927.44}{(1 + 0.05)^2} + \frac{C\$146,165.15}{(1 + 0.05)^3} + \frac{C\$157,915.61}{(1 + 0.05)^4} + \frac{C\$170,936.41}{(1 + 0.05)^5}$$

<b>VALOR ACTUAL NETO</b>	C\$340,774.51
--------------------------	---------------

Tabla 54 VPN

Al encontrarse un valor presente neto mayor que cero indica que este método de secado resulta factible hasta el momento; sin embargo, es necesario evaluar el resto de los indicadores de este para tomar la decisión más viable.

### 1.1.2 Tasa Interna de Retorno

Como se logró observar, en este método de secado, sí se cuenta con una inversión inicial, por lo tanto, se procedió a calcular la TIR a partir del VPN (C\$340,774.51) proporcionado anteriormente; para ello se realizó una interpolación lineal donde se buscó una tasa que convertía en “0” a este, obteniéndose un resultado de:

<b>TASA INTERNA DE RETORNO</b>	38.64%
--------------------------------	--------

Tabla 55 TIR

En conclusión, este porcentaje es mayor al 5% utilizado para el VPN, por ende, se puede asegurar que el proyecto es rentable.

### 1.1.3 Plazo de Recuperación de la Inversión

Tomando en cuenta los flujos netos de efectivo descontados en el tiempo por la TMAR inflada para determinar el plazo de recuperación de la inversión se obtiene que se recuperara en:

Año	FNE Acumulado
2018	C\$119,774.28
2019	C\$243,064.48
2020	C\$369,327.43

Tabla 56 FNE acumulado

Interpolando se obtiene que el plazo de recuperación es de:

<b>PLAZO DE RECUPERACION</b>	<b>2 años y 3 meses</b>
------------------------------	-------------------------

Tabla 57 Plazo de recuperación

Esto implica que a partir de este periodo se podrían obtener ingresos adicionales por mayor volumen de secado disponible como tercerización de parte del programa lo que no se considera en el presente estudio.

### 1.1.4 Índice de Rentabilidad (IR)

El Índice de rentabilidad del proyecto se calcula dividiendo el VPN obtenido entre la inversión inicial:

IR	1.17
----	------

Tabla 58 IR

Esto significa que por cada córdoba invertido el PIMA estará recuperando C\$1.28 en concepto de redituabilidad a la inversión.

## 2. Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilidad no es más que someter a diversos escenarios la rentabilidad de la alternativa estudiada en este proyecto (Instalación del horno solar), estos escenarios incluyen aumento y disminución del ahorro obtenido en el área de secado en un 5%, 10% y 15% considerando que la inversión es constante; así mismo aumento y disminución de la inversión en un 5%, 10% y 15% considerando que el ahorro es constante.

TABLA RESUMEN DE VALORES DEL VPN			
PORCENTAJE	5%	10%	15%
Ahorro aumenta	C\$372,433.41	C\$404,092.32	C\$435,751.23
Ahorro disminuye	C\$309,115.60	C\$277,456.70	C\$245,797.79
Inversión aumenta	C\$326,154.33	C\$311,534.15	C\$296,913.9666
Inversión disminuye	C\$355,394.69	C\$370,014.87	C\$384,635.05
<b>VPN DEL PROYECTO</b>	<b>C\$340,774.51</b>		

Tabla 59 Tabla resumen de valores del VPN

TABLA RESUMEN DE VALORES DEL TIR			
PORCENTAJE	5%	10%	15%
Ahorro aumenta	41.38 %	44.08%	46.74%
Ahorro disminuye	35.86%	33.03%	30.15%
Inversión aumenta	35.99%	33.55%	31.28%
Inversión disminuye	41.52%	44.67%	48.14%
<b>TIR DEL PROYECTO</b>	<b>38.64%</b>		

*Tabla 60 Tabla resumen de valores del TIR*

Como se puede observar en las tablas resumen de los valores para VPN y TIR (59 y 60 respectivamente) en los diferentes escenarios, los flujos netos de efectivo descontados con la TMAR mixta (5%), cuando se sometieron a todos los porcentajes de variación presentaron rentabilidad para el PIMA.

Se puede afirmar que este proyecto es rentable siempre ante la mayoría de variaciones anteriormente evaluadas.

## VII. CONCLUSIONES

VII.1. El tamaño de la capacidad instalada con la que contará el horno es de aproximadamente  $12.92 \text{ m}^3$ , es decir 5,475.1859 Pie Tablar por carga. El nuevo proceso contará con un pre secado y el secado estará compuesto por 6 etapas: obtención de muestras para el control de secado, calentamiento e inicio de la operación del horno, tratamiento de igualación y acondicionamiento, pruebas finales de control de humedad y descarga del horno, que tendrán una duración de 75 días para maderas duras y 27 para maderas blandas.

VII.2. VII.5. La inversión presupuestada para la ejecución de este proyecto es de C\$292,403.63, los costos de mano de obra y mantenimiento fueron los únicos considerados como relevantes para la operación del horno, siendo los costos anuales de operación: C\$19,285.91; C\$21,780.76; C\$25,494.95; C\$29,123.99; C\$33,124.49

VII.3. Se determinó la rentabilidad de la inversión presupuestada a través de los siguientes indicadores: un valor actual neto de C\$340,774.51; una tasa interna de retorno de 38.64%, un plazo de recuperación de 2 años con 3 meses y finalmente un índice de retorno de C\$1.17 por cada córdoba invertido.

VII.4. Los parámetros disminución en precios y disminución de la cantidad demandada no fueron analizados debido a que el proyecto no presenta dichos escenarios, por lo cual se consideraron los parámetros de aumento y disminución de ahorro e inversión, determinando así que el proyecto es rentable para el PIMA en todos los porcentajes de variación evaluados.



## VIII. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones orientadas en el presente proyecto están en función de un mayor aprovechamiento del horno solar.

- Considerar en otro estudio el uso del horno solar para los tipos de maderas que no fueron estudiados en este proyecto.
- Valorar la remuneración del técnico de secado por hora trabajada y no por un contrato indefinido.
- Evaluar el desempeño del horno solar a nivel global, es decir, tomando en cuenta no solo el área de secado sino también las demás áreas del programa.
- Realizar un estudio de prefactibilidad para brindar el secado de la madera en el horno solar como un servicio, para alcanzar nuevos mercados y aumentar los ingresos del programa.

## X. BIBLIOGRAFÍA

- Collins Spanish Dictionary. (2013). Obtenido de <http://es.thefreedictionary.com/voladizo>
- Larousse Gran diccionario de la Lengua Española. (Agosto de 2016). Obtenido de <http://es.thefreedictionary.com/revirado>
- Larousse Gran Diccionario de la Lengua Española. (2016). Obtenido de <http://es.thefreedictionary.com/alabeo>
- ABC, D. (s.f.). *definicionabc*. Obtenido de [www.definicionabc.com](http://www.definicionabc.com)
- ABC, D. (s.f.). *definicionabc*. Obtenido de [www.definicionabc.com](http://www.definicionabc.com)
- ALEGSA. (22 de Febrero de 2015). *Definicion-de*. Obtenido de [www.definicion-de.com](http://www.definicion-de.com)
- B., A. (2005). *Guía para el Secado de la Madera en Hornos Convencionales*. Santa Fe: ETSUFOR.
- Barreneche, I. V. (2005). *Acondicionamiento Termico de Edificios*. Argentina.
- Blue, M. (s.f.). *Monte Blue*. Obtenido de [www.monteblesrl.com](http://www.monteblesrl.com)
- Briggs, L. (1897). *The Mechanics of the Soil Mixture*.
- Chain, N. S. (2008). *Preparación y Evaluación de Proyectos* (Quinta Edición ed.). Bogotá, D.C , Colombia: McGraw Hill/Interamericana Editores, S.A. DE C.V.
- Chiavenato, I. (2001). *Administración de Recursos Humanos*. Colombia: McGraw-Hill Interamericana , S.A.
- Cynthia Salas Garita, Roger Moya Roque, Rafael Cordoba Foglia. (2008). *Diseño y construccion de un horno solar para madera*. Costa Rica: Kuru Revista Forestal.

- Definición* ABC. (s.f.). Obtenido de <https://www.definicionabc.com/motor/termostato.php>
- Eddy Bismarck Guevara Hernández, J. J. (2016). *Diseño y construcción de un horno solar para secado de madera dirigido a pequeñas y medianas empresas pertenecientes al sector de la madera en Nicaragua*. Managua.
- Edukavital. (2013). *Edukavital*. Obtenido de [www.edukavital.com](http://www.edukavital.com)
- Herrera Alegria, Z., & Morales Vargas, A. (1993). *Propiedades y Usos Potenciales de 100 maderas Nicaraguenses*. (99-100, Trad.) Managua, Nicaragua: Instituto Nicaraguense de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA).
- Larson, E. (20 de Julio de 2016). *hbr*. Obtenido de [www.hbr.es](http://www.hbr.es)
- Miranda Guevara, D. V. (16 de Mayo de 2016). Manual de Funciones y Procedimientos para el Programa Institucional de la Madera (PIMA). Managua.
- Mundo Forestal*. (s.f.). Obtenido de [www.mundoforestal.com](http://www.mundoforestal.com)
- Navarro Zeledón, M. (s.f.). Métodos de evaluación de proyectos. *UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA*. Esteli, Nicaragua.
- Núñez, C. E. (2007). *Sitio Personal de Carlos Eduardo Núñez*. Obtenido de <http://www.cenunez.com.ar/archivos/126-ConversdensRECYT.pdf>
- Palacios, M. (1998). *Entre la legitimidad y la violencia [PDF]*. Colombia.
- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2015). *Definicion.de*. Obtenido de [www.definicion.de](http://www.definicion.de)
- Porto, J. P. (2015). *definicion*. Obtenido de [www.definicion.de](http://www.definicion.de)

- Rodriguez Cairo, V. B. (s.f.). *Formulación y Evaluación de Proyectos: Aspectos Legales* (Vol. 1ra Ed.). D.F, Mexico: Limusa.
- Romero, H. G. (6 de Diciembre de 2013). Sector madera-mueble aportará más al PIB. *La Prensa*, pág. 2 C.
- Saavedra Paredes, C. (2014). *Guía practica para secado de madera en hornos convencionales*. Arequipa.
- Sandino Valerio, J. M., Silva Ramirez, J. L., & Urbina Guido, R. A. (12 de Julio de 2016). Diseño de un sistema de control de inventarios para el Programa Institucional de la Madera (PIMA). Managua, Nicaragua.
- Sistems, N. (s.f.). Introduccion de secado al horno - Respuestas directas a 30 preguntas importantes. Obtenido de [www.spezialsa.com](http://www.spezialsa.com)
- The Free Dictionary*. (s.f.). Obtenido de <http://es.thefreedictionary.com/combaduras>
- Urbina, G. B. (2010). *Evaluación de Proyectos* (Sexta Edición ed.). México, D.F: McGraw Hill/Iteramericana editores , S.A . DE C.V .
- Vignote Peña, S., & Martínez, I. (2006). *Tecnología de la Madera*. Madrid: Mundi-Presa.
- Viscarra, S. (1998). Guia practica para el secado de madera en hornos. *Proyecto de Manejo Forestal Sostenible - BOLFOR*. Santa Cruz, Bolivia.

## XII. Glosario

**Albura:** “Sector blando que componen los anillos más jóvenes de la madera. Se trata de la capa de tono blancuzco que se sitúa debajo de la corteza. Determina la resistencia de la madera” (Porto, 2015).

**Duramen:** “Parte central, más seca, oscura y dura que posee el tronco y las ramas más gruesas de los árboles. Se le suele llamar el corazón de la madera” (ABC D. ).

**Anillos de crecimiento:** “Capas concéntricas de células leñosas periódicamente formadas que registran el desarrollo de un árbol en una estación de crecimiento” (ALEGSA, 2015).

**Grano:** “Término que se refiere a la forma en cómo se desarrollan las fibras de la madera a lo largo y ancho del tronco y ramas” (Mundo Forestal).

**Agua Higroscópica:** “Fracción del agua absorbida directamente de la humedad del aire” (Briggs, 1897).

### **Pared Celular:**

Según (Edukavital, 2013):

La pared celular es una capa rígida que se localiza en el exterior de la membrana plasmática en las células de bacterias, hongos, algas y plantas. Da rigidez a la estructura celular, funciona como mediadora en todas las relaciones de la célula con el entorno y actúa como compartimiento celular.

**Anhidro:** Aplíquese a los cuerpos que no contienen agua (ABC D. ).

**Combadura:** Apariencia curvada que toman los objetos al doblarse (The Free Dictionary).

**Revirado:** Se aplica a la fibra de los árboles que se retuerce alrededor del eje o corazón del tronco, por lo que su madera resulta defectuosa para la construcción (Larousse Gran diccionario de la Lengua Española, 2016).

**Voladizo:** parte de una construcción que se sobresale de una pared (Collins Spanish Dictionary, 2013).

**Alabeo:** Forma curva, combada o retorcida que puede tomar una tabla u otra superficie debido al calor, al peso que soporta, o por la acción del hombre (Larousse Gran Diccionario de la Lengua Española, 2016).

**Probeta:** Vaso de vidrio de forma tubular, con pie, generalmente graduado, que se usa en los laboratorios para medir líquidos o gases. (Pérez Porto & Gardey, 2015)

**Termostato:** El termostato es el dispositivo empleado para que la temperatura de una máquina se mantenga dentro de los límites adecuados para su buen funcionamiento (Definición ABC)

**Temperatura de bulbo seco (TBS):** Es la medida con un termómetro convencional de mercurio o similar cuyo bulbo se encuentra seco. Esta temperatura es utilizada en la valoración del bienestar térmico, en la determinación de la humedad del aire y en psicrometría para el cálculo y estudio de las transformaciones del aire húmedo. (Barreneche, 2005).

**Temperatura de bulbo húmedo (TBH):** Es la temperatura que indica el equilibrio dinámico entre la transferencia de calor y la transferencia de masa. Se define también como la temperatura límite de enfriamiento que alcanza una pequeña masa de líquido en contacto con una masa mayor de aire húmedo. (Barreneche, 2005).

**Torcedura:** Es el alabeo que se presenta cuando las esquinas de la pieza de madera no se encuentran en el mismo plano. (Palacios, 1998)

**Densidad básica (Db):** Es la definición más usada y representa el peso seco de la sustancia madera encerrada en un volumen invariante, como es el volumen existente cuando las paredes celulares están saturadas de agua (Núñez, 2007).

**Densidad seca (Ds):** Se define como la relación entre el peso y el volumen del material exento de agua, es decir secado a 105-110°C (Núñez, 2007).

**Densidad seca al aire (Dsa):** Es la densidad a un contenido de humedad en equilibrio con una atmósfera estándar de 20° C y una humedad relativa de 65%. Esta atmósfera da un contenido de humedad de equilibrio para la madera de 12%. Debido a esta razón también se conoce a esta densidad como densidad al 12% del contenido de humedad (CH) (Núñez, 2007).

**Densidad verde (Dv):** Es la que posee la madera en la planta viva, que se puede considerar que se halla con su máximo volumen. Esta forma se utiliza principalmente para los cálculos de transporte de troncos hasta los sitios de elaboración (Núñez, 2007).

## XI. ANEXOS



### *Anexo 1: Secado a la intemperie*



### *Anexo 2: Apilado en el secado actual*



*Anexo 3: Terreno en donde se construirá el horno solar*



*Anexo 4: Terreno en donde se construirá el horno solar*





*Anexo 5: Prototipo del horno solar*



*Anexo 6: Vista lateral del prototipo del horno solar*



*Anexo 7: Vista lateral del prototipo del horno solar*



*Anexo 8: Vista trasera del prototipo del horno solar*



*Anexo 9: Vista superior del Prototipo del horno solar*



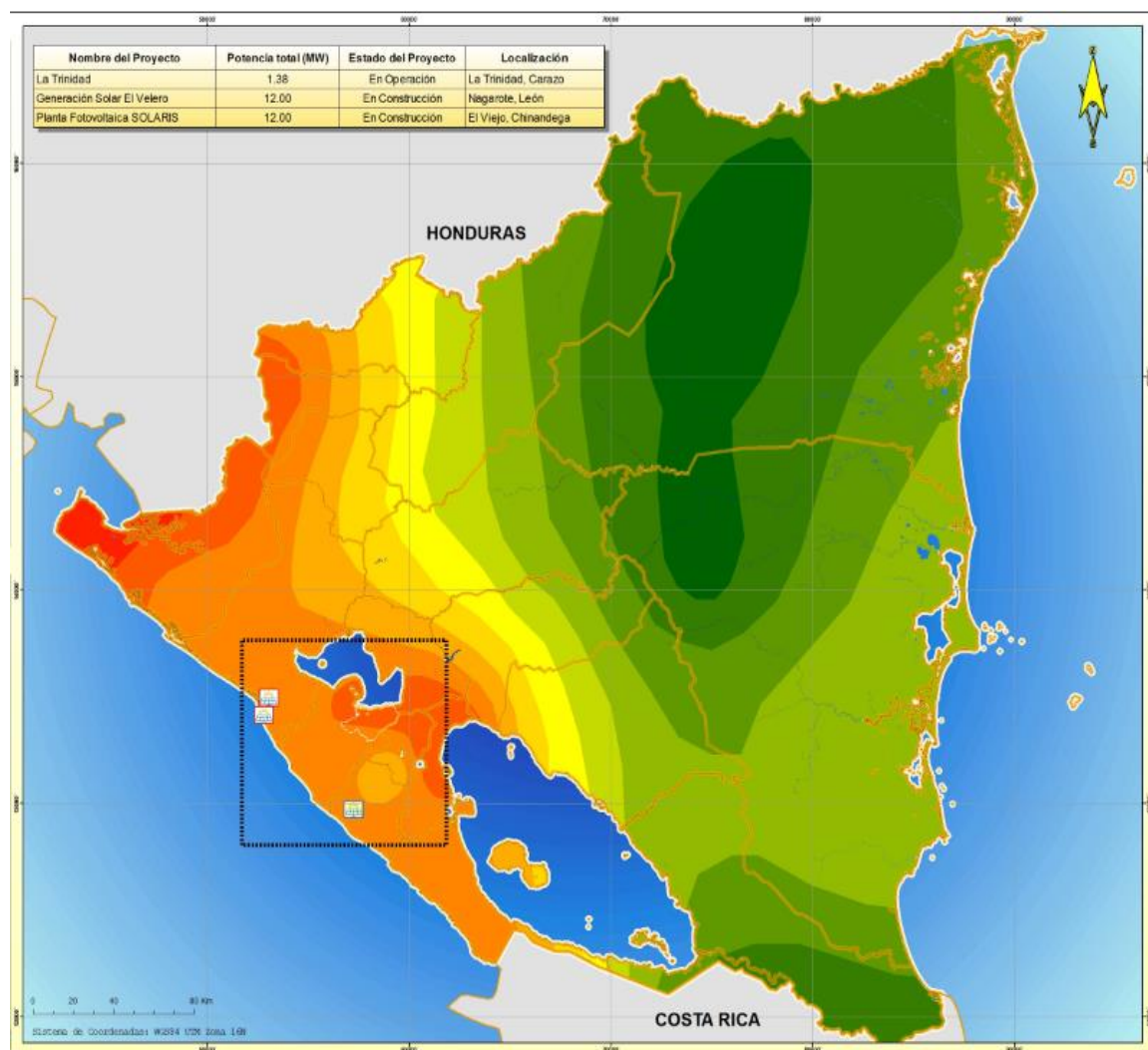
## Anexo 10: Tabla de Humedad Relativa Ambiente y Contenido de Humedad de Equilibrio de la Madera para Diferentes Temperaturas del Bulbo Seco y Depresiones del Bulbo Húmedo

T °C	Humedad %	Diferencia Psicométrica en °C																											
		1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	25	28						
5	H.R.	86	79	72	65	58	52	45	39	33	20	7																	
	C.H.E.	19	16	14	12	11	9.5	8.5	7.5	6.5	4.5	1.5																	
15	H.R.	90	85	80	75	71	66	61	57	53	44	36	27	20	13														
	C.H.E.	20.5	18	16	14.5	13	12	11	10.5	10	8	7	6	4.5	3														
25	H.R.	92	88	84	81	77	74	70	67	63	57	50	44	39	33	22	12												
	C.H.E.	21.5	19.5	17.5	16	15	14	13	12	11.5	10	9	8	7.5	6.5	5	2.5												
35	H.R.	94	90	87	84	81	78	75	72	69	64	59	54	49	44	36	28	20	13	7									
	C.H.E.	22	19.5	18	16.5	15.5	14.5	13.5	13	12	11	10	9.5	8.5	8	6.5	6	4	3	1.5									
40	H.R.	94	91	88	85	82	80	77	74	72	67	62	57	53	48	40	33	26	20	14	6								
	C.H.E.	22	19.5	18	17	16	15	14	13	12.5	11.5	10.5	9.5	9	8	7	6	5	4	3	1.5								
45	H.R.	94	91	88	85	83	80	78	75	73	69	64	60	56	52	44	37	30	25	19	14								
	C.H.E.	22	19.5	18	17	15.5	15	14	13.5	12.5	11.5	10.5	10	9	8	7	6.5	5.5	4.5	4	3								
50	H.R.	95	92	89	86	83	81	79	76	74	70	65	61	58	54	46	40	34	29	24	18	12	5						
	C.H.E.	22	19.5	18	16.5	15.5	15	14	13.5	12.5	11.5	10.5	10	9	8.5	7.5	6.5	5.5	5	4	3.5	2.5	1						
55	H.R.	95	92	90	87	84	82	80	78	76	72	67	63	60	56	50	43	37	32	27	22	16	10						
	C.H.E.	21.5	19.5	18	16.5	15.5	14.5	13.5	13	12.5	11.5	10.5	10	9	8.5	7.5	6.5	6	5	4.5	4	3	2						
60	H.R.	95	92	90	88	85	83	81	79	77	73	69	65	61	58	52	45	40	35	30	25	20	14						
	C.H.E.	21.5	19	17.5	16.5	15.5	14.5	13.5	13	12.5	11.5	10.5	10	9	8.5	7.5	7	6	5.5	4.5	4	3.5	2.5						
65	H.R.	95	93	91	88	86	84	82	80	78	74	70	66	63	60	53	47	42	37	32	28	22	17						
	C.H.E.	21	19.5	17	16	15	14	13.5	13	12.5	11.5	10.5	10	9	8.5	7.5	7	6	5.5	5	4	3.5	3						
70	H.R.	96	93	91	88	86	84	83	81	79	75	71	68	65	61	55	50	44	40	35	31	25	20						
	C.H.E.	20.5	18.5	17	15.5	15	14	13.5	13	12	11	10.5	9.5	9	8.5	7.5	7	6	5.5	5	4.5	3.5	3						
75	H.R.	96	93	91	89	87	85	83	82	80	76	72	69	66	63	57	51	46	41	38	33	28	22						
	C.H.E.	20	18	16.5	15.5	14.5	14	13	12.5	12	11	10	9.5	9	8.5	7.5	6.5	6	5.5	5	4.5	3.5	3						
80	H.R.	97	93	91	89	87	86	84	82	81	77	74	70	67	64	59	53	48	43	40	36	30	25						
	C.H.E.	19.5	17.5	16	15	14.5	13.5	13	12.5	12	11	10	9.5	8.5	8	7.5	6.5	6	5.5	5	4.5	4	3.5						
85	H.R.	97	93	91	90	88	86	84	82	81	78	74	71	68	65	60	54	49	45	41	38	32	27						
	C.H.E.	19.5	17	16	15	14	13.5	12.5	12	11.5	10.5	10	9	8.5	8	7	6.5	6	5.5	5	4.5	4	3.5						

To = Temperatura del bulbo seco , (oC); HR = Humedad relativa (%), CHE = Contenido de humedad de equilibrio (%), Fuente: Hohseil y colaboradores (1989).



*Anexo 11: Mapa de radiación solar en Nicaragua elaborado por el MEM con datos de la estación solar Padre Julio*



## Radiacion Solar en Nicaragua (W/m<sup>2</sup> día)



Fuente: Mapas Solares de Nicaragua  
Estación Actinométrica: Vadstena  
Universidad Centroamericana (U.C.A.)  
Julio López de La Fuente SJ



### Anexo 12: Proyección del porcentaje de crecimiento de salario

	FECHA	SALARIO	PORCENTAJE DE AUMENTO
1	1 de Marzo 2016	C\$3,596.03	
2	1 de Septiembre 2016	C\$3,739.87	4.00
3	1 de Marzo 2017	C\$3,894.13	4.12
4	1 de Septiembre 2017	C\$4,054.76	4.12
5	1 de Marzo 2018	C\$ 4,224.25	4.18
6	1 de Septiembre 2018	C\$ 4,402.51	4.22
7	1 de Marzo 2019	C\$ 4,590.50	4.27
8	1 de Septiembre 2019	C\$ 4,788.81	4.32
9	1 de Marzo 2020	C\$ 4,998.08	4.37
10	1 de Septiembre 2020	C\$ 5,219.00	4.42
11	1 de Marzo 2021	C\$ 5,451.24	4.45
12	1 de Septiembre 2021	C\$ 5,697.09	4.51
13	1 de Marzo 2022	C\$ 5,956.88	4.56
14	1 de Septiembre 2022	C\$ 6,231.49	4.61

### Anexo 13: Tabla de Pagos para Mano de obra

	2018	2019	2020	2021	2022
<i>Ene</i>	C\$ 10,469.30	C\$ 11,367.19	C\$ 12,364.60	C\$ 13,475.33	C\$ 14,709.76
<i>Feb</i>	C\$ 10,469.30	C\$ 11,367.19	C\$ 12,364.60	C\$ 13,475.33	C\$ 14,709.76
<i>Mar</i>	C\$ 10,906.92	C\$ 11,852.57	C\$ 12,904.93	C\$ 14,074.98	C\$ 15,380.53
<i>Abr</i>	C\$ 10,906.92	C\$ 11,852.57	C\$ 12,904.93	C\$ 14,074.98	C\$ 15,380.53
<i>May</i>	C\$ 10,906.92	C\$ 11,852.57	C\$ 12,904.93	C\$ 14,074.98	C\$ 15,380.53
<i>Jun</i>	C\$ 10,906.92	C\$ 11,852.57	C\$ 12,904.93	C\$ 14,074.98	C\$ 15,380.53
<i>Jul</i>	C\$ 10,906.92	C\$ 11,852.57	C\$ 12,904.93	C\$ 14,074.98	C\$ 15,380.53
<i>Ag</i>	C\$ 10,906.92	C\$ 11,852.57	C\$ 12,904.93	C\$ 14,074.98	C\$ 15,380.53
<i>Sep</i>	C\$ 11,367.19	C\$ 12,364.60	C\$ 13,475.33	C\$ 14,709.76	C\$ 16,089.57
<i>Oct</i>	C\$ 11,367.19	C\$ 12,364.60	C\$ 13,475.33	C\$ 14,709.76	C\$ 16,089.57
<i>Nov</i>	C\$ 11,367.19	C\$ 12,364.60	C\$ 13,475.33	C\$ 14,709.76	C\$ 16,089.57
<i>Dic</i>	C\$ 11,367.19	C\$ 12,364.60	C\$ 13,475.33	C\$ 14,709.76	C\$ 16,089.57
<b>Total</b>	<b>C\$131,848.85</b>	<b>C\$143,308.18</b>	<b>C\$156,060.10</b>	<b>C\$170,239.60</b>	<b>C\$186,060.98</b>

## *Anexo 14: Fragmento de Ley No. 89*

### Ley de Autonomía de las Instituciones de Educación Superior

#### Título VII

#### Capítulo Único

#### Del Patrimonio

Arto. 55. El patrimonio de las Universidades y Centros de Educación Técnico Superior estará constituido por los bienes y recursos que a continuación se enumeran:

1. El aporte ordinario y extraordinario del Estado. El aporte ordinario no podrá ser menor del 6% del Presupuesto General del Ingresos de la República, como garantía mínima para hacer efectiva la Autonomía Universitaria.
2. Los bienes muebles e inmuebles que les pertenezcan, los ingresos que ellos mismos reciban por concepto de matrícula, pensiones, derechos de grado, utilización de laboratorio, prestaciones de servicios, frutos o productos de sus bienes, las adquisiciones que a cualquier título hicieran y los aportes extraordinarios, donaciones, herencias, legados y subvenciones que reciban.
3. Lo correspondiente a los centros regionales o centros de investigación adscritos a las Universidades en el Arto. 48 de esta Ley.
4. Los demás bienes que adquieren de conformidad con la Ley.

Los bienes e ingresos de cualquier naturaleza serán administrados con plenitud por las Universidades y Centros de Educación Técnica Superior, sin estar sujetos al pago de impuestos de ninguna índole. También estarán exentos del pago de los servicios públicos (agua, electricidad, teléfono, correos), los que le serán brindados de manera gratuita por el Estado y sus instituciones.

*Anexo 15: Impuestos Exentos del Área*

Impuesto	Referencia Legal
IR	Arto. 11 del Reglamento de la Ley de Equidad Fiscal
IMI	Arto. 125 Constitución Política. Arto. 98 Ley General de Educación
IBI	Arto. 125 Constitución Política
IVA	Arto. 95 del Reglamento de la Ley de Equidad Fiscal.

## Anexo 16: cotización de carretilla para pallet



### SILVA INTERNACIONAL S.A

#### Cotizacion

22556969 - Email: carretera.masaya@sinsa.com.ni - Fax: 22556969  
 Direccion :MANAGUA - CARRETERA A MASAYA  
 DGE:AFC-DGC-SCC-027-12-2009 RUC:J0310000001812

Documento : 573383 Tienda: 24.SINSA CARRETERA MASAYA Fecha : 2017-06-26  
 Vendedor : 1836 Nombre : JUAN ALEJANDRO MORALES MORALES  
 Cliente : Jaquelin Alvarez Telefono : 86550394 O/C :  
 Direccion:  
 Moneda : C\$ Cotizacion De: CONTADO Carnet : Dias de Validez : 01

LIN	CODIGO	No.PARTE	COD.SAC	ARTICULO	U/M	CANT.	PRC.UNIT	TOTAL
001	5230013200	15083	842790000000	CARRETILLA PARA PALLET 3TON PAT-3NY TRUPER	PZA	1.00	12,647.46	12,647.46
Sub-Total C\$:								12,647.46
Impuesto C\$:								1,897.12
Total C\$:								14,544.58
Equiv. en US\$								481.61
Factor de Cambio :								30.20

Usuario : ymontes 2017-06-26 16:23:46

Firma del Vendedor: \_\_\_\_\_

Page 1/1

Nota : No se aceptan cambios una vez aprobada la oferta, que fue hecha con base a datos suministrados. Los precios estan sujetos a cambio sin previo aviso.  
 SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTES, ESTAMOS EXENTOS DE 1% DGI Y 1% ALMA.

SERVICIOS SINSA

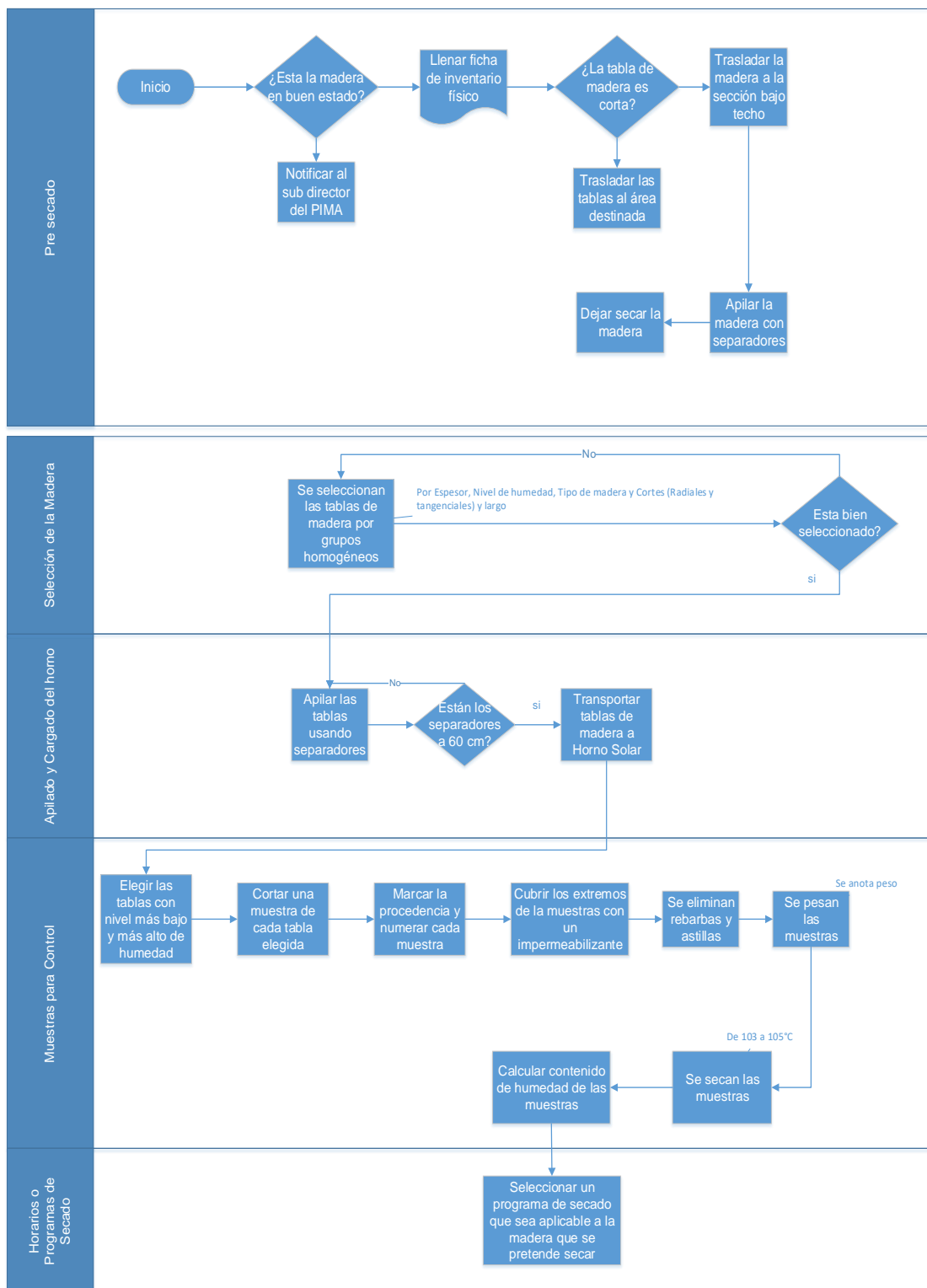
SERVICIOS DE  
INSTALACIÓN

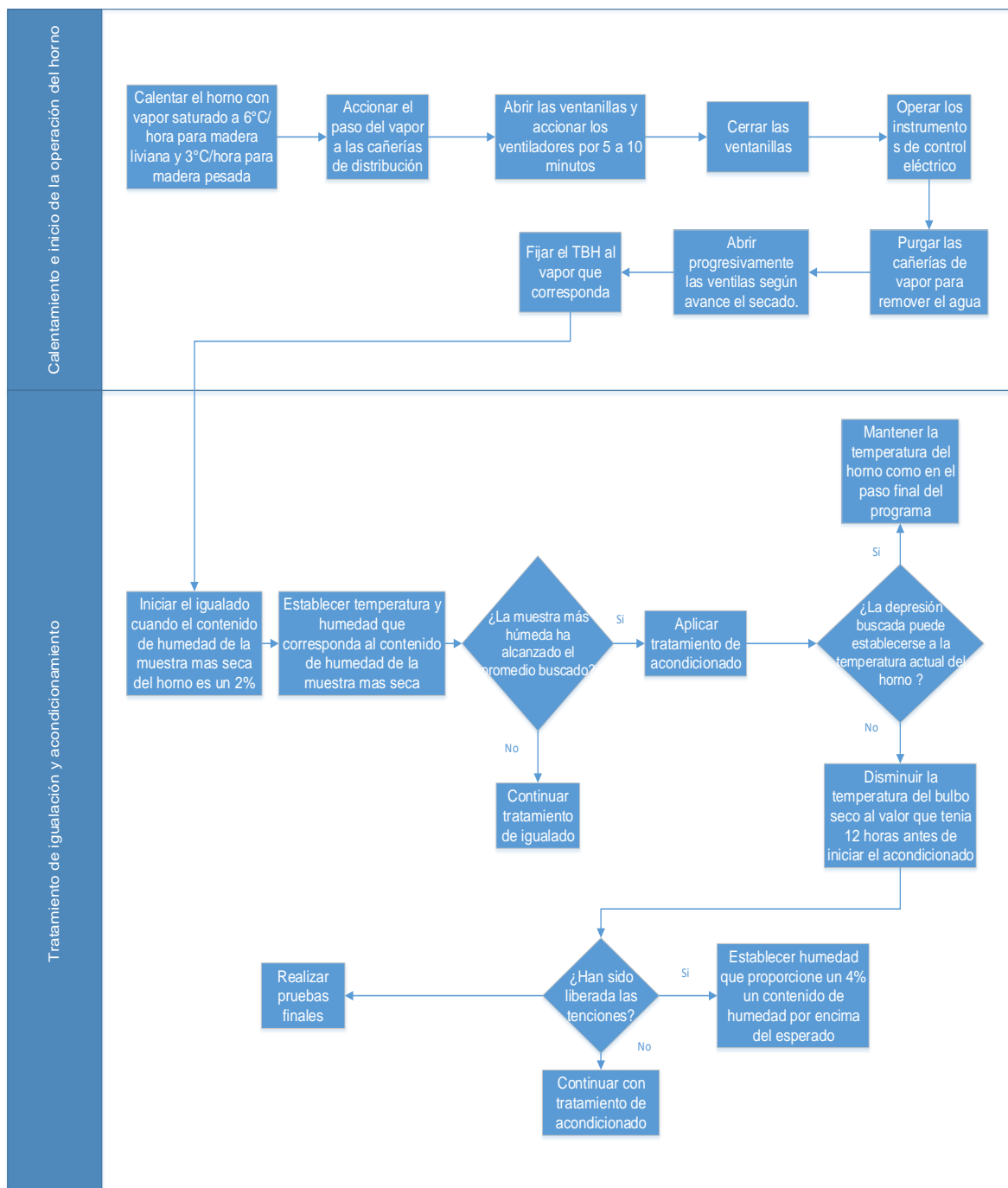
RENTA DE  
EQUIPOS

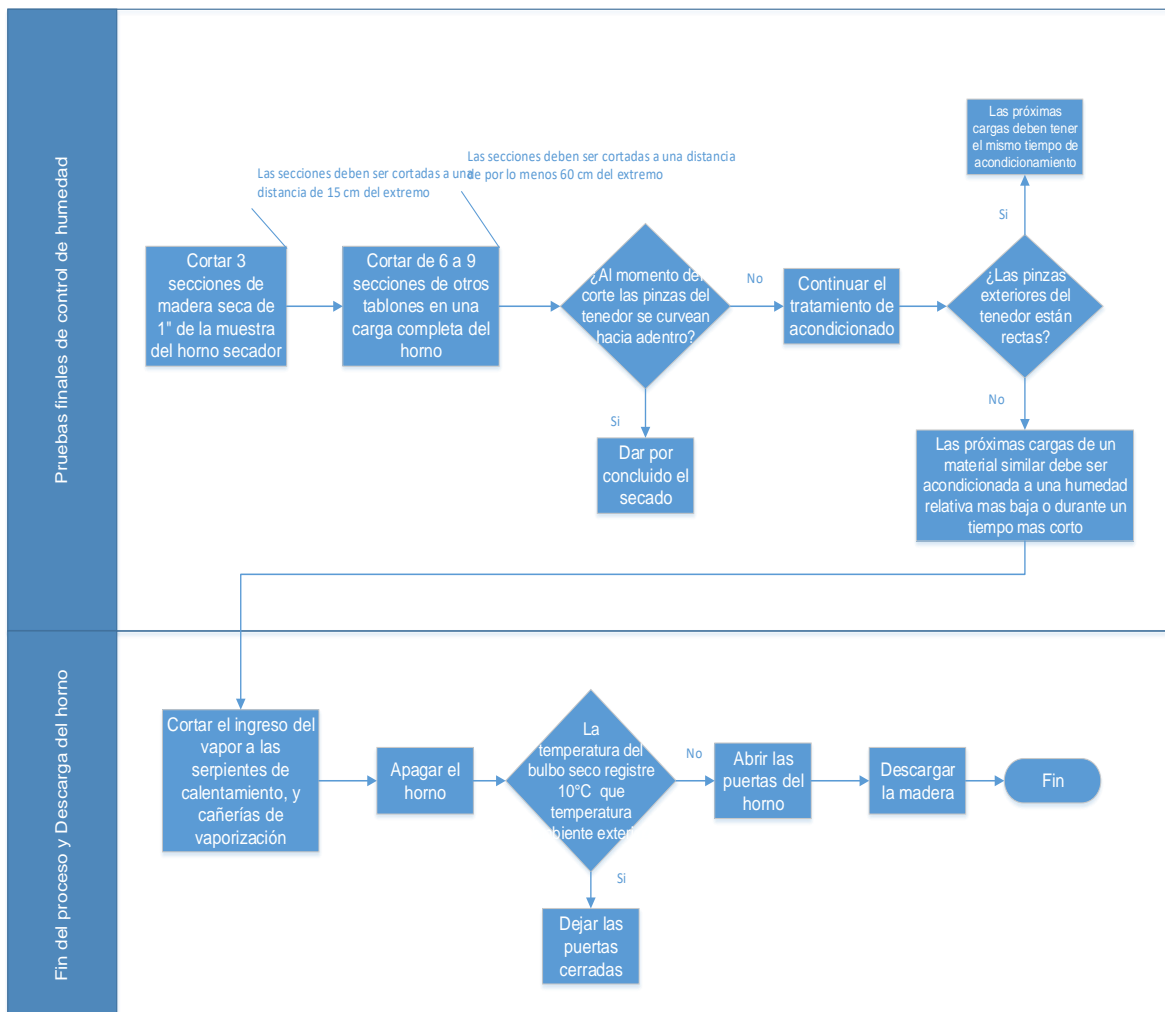
TALLER DE  
SERVICIOS

centro\_servicios@sinsa.com.ni • renta.equipo@sinsa.com.ni

### Anexo 17: Diagrama del proceso de secado con el horno solar









### Anexo 18: Denominación del estado de la Madera

Contenido de Humedad	Denominación del estado de la madera	Lugar de ubicación
80% - +200%	Madera verde	Bajo cubierta en el bosque
25% - 80%	Madera húmeda	Recién cortada, en patio de trozas o a la intemperie
20% - 25%	Madera poco seca	Aire libre
15% - 20%	Madera seca al aire	Bajo techo
8% - 15%	Madera muy seca	Hornos
0%	Madera anhidra	Laboratorios

### Anexo 19: Clases de madera según contenido de humedad verde

Clases de madera según su contenido de humedad verde					
A	B	C	D	E	F
Hasta 40%	40% - 60%	60% - 80%	80% - 100%	100% - 120%	Más de 120%

### Anexo 20: Escenarios evaluados para análisis de sensibilidad

	Ahorro aumenta		
	5	10	15
C\$292,403.63			
C\$125,762.99	C\$132,051.14	C\$138,339.29	C\$144,627.44
C\$135,927.44	C\$142,723.81	C\$149,520.18	C\$156,316.56
C\$146,165.15	C\$153,473.41	C\$160,781.67	C\$168,089.92
C\$157,915.61	C\$165,811.39	C\$173,707.17	C\$181,602.95
C\$170,936.41	C\$179,483.23	C\$188,030.05	C\$196,576.87

	Ahorro disminuye		
	5	10	15
C\$292,403.63			
C\$125,762.99	C\$119,474.84	C\$113,186.69	C\$106,898.54
C\$135,927.44	C\$129,131.07	C\$122,334.70	C\$115,538.32
C\$146,165.15	C\$138,856.89	C\$131,548.64	C\$124,240.38
C\$157,915.61	C\$150,019.83	C\$142,124.05	C\$134,228.27
C\$170,936.41	C\$162,389.59	C\$153,842.77	C\$145,295.95

	Inversion aumenta		
	5	10	15
C\$292,403.63	C\$307,023.81	C\$321,643.99	C\$336,264.17
C\$125,762.99			
C\$135,927.44			
C\$146,165.15			
C\$157,915.61			
C\$170,936.41			

	Inversion disminuye		
	5	10	15
C\$292,403.63	C\$277,783.45	C\$263,163.27	C\$248,543.09
C\$125,762.99			
C\$135,927.44			
C\$146,165.15			
C\$157,915.61			
C\$170,936.41			

## Resumen Ejecutivo

El presente documento pretende ofrecer al Programa Institucional de la Madera (PIMA), información basada en datos objetivos y fiables para llevar a cabo una toma de decisión estratégica y minimizar el riesgo de instalar un horno solar para el proceso de secado de madera.

Se detalló el proceso para secado de madera en el PIMA con la implementación de la nueva tecnología así como también los requerimientos en el funcionamiento y operatividad del mismo. Se tomó en cuenta la técnica, detalle constructivo, metodología y resultados obtenidos a través de pruebas periódicas previamente realizadas por estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica.

Se determinó el costo total de la construcción del horno solar así como el de su operación anualmente, a su vez se calculó la inversión necesaria para llevar a cabo la instalación del mismo.

Se evaluaron los costos involucrados en la operación del secado de madera tomando en cuenta ambos escenarios: Secado a la Intemperie y Secado en el horno solar. También se mostró la cantidad de días que se ahorrará anualmente el secado de las diferentes especies de madera según su densidad.

Se calcularon los indicadores de rentabilidad del proyecto: Valor presente neto (VPN), Tasa interna de retorno (TIR), Plazo de recuperación, índice de rentabilidad (IR).

Adicionando, el proyecto de inversión se sometió a un análisis de sensibilidad para saber que tanta variabilidad presentaba el mismo.